

# Curso de Formación Docente en el enfoque CTS en la Educación

## Módulo 1 ¿Qué es la ciencia?



El descubrimiento de la luz de Newton  
*Galleria d'Arte Moderna, Brescia*

## Introducción

Es difícil exagerar la importancia de la ciencia en el mundo actual. Sin embargo, para muchas personas, la ciencia es algo todavía lejano y un tanto difuso, que suele identificarse con descubrimientos científicos notables, o bien con nombres de científicos destacados.

La percepción pública de la ciencia y la tecnología es además un poco ambivalente. La proliferación de mensajes contrapuestos de tipo optimista y catastrofista, en torno al papel de estos saberes en las sociedades actuales, ha llevado a que muchas personas no tengan muy claro qué es la ciencia y cuál es su papel en la sociedad. A ello se suma un estilo de política pública sobre la ciencia incapaz de crear cauces participativos que contribuyan al debate abierto sobre estos asuntos, y en general a favorecer su apropiación por parte de las comunidades en general.

En lo que sigue se pretende establecer algunas consideraciones generales acerca de lo que permite identificar a la ciencia: aquello que los aportes de la investigación filosófica, histórica y sociológica sobre la ciencia resaltan como significativo con relación a un conjunto de aspectos relacionados con el método científico; el proceso de desarrollo y cambio de la ciencia; la articulación entre experimentación, observación y teoría.

Cabe señalar que la elección de los tópicos a tratar de ningún modo pretende definir la ciencia u ofrecer una revisión exhaustiva del modo en que numerosos pensadores se han referido a ella. Se ha preferido limitar el análisis a aquellos aspectos que hagan posible una comprensión social del conocimiento científico contemporáneo, y, de manera especial, su articulación con el plano educativo bajo la concepción CTS.

Para terminar, no se debe olvidar que el presente texto se ha escrito con fines educativos y se encuentra orientado principalmente a la formación de los docentes de la educación secundaria, como material de apoyo a su trabajo. Se articula con las otras unidades del módulo conceptual, las relacionadas con la tecnología, la sociedad y en general con una caracterización de los estudios en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Por esta razón, algunos de los puntos que aquí se tratan, cobran una mayor ampliación en las otras unidades, así como las otras se sirven igualmente de la presentación que se hace en este módulo.

## Objetivos

- 1. Familiarizar a los docentes con el carácter social del conocimiento científico**, a partir de una presentación general de los enfoques y teorías de las disciplinas humanas y sociales que han construido una conceptualización sobre la ciencia.
- 2. Apoyar el enfoque experimental que se propone en la segunda parte de este programa**, con relación al trabajo didáctico de Ciencia, Tecnología y Sociedad, en los procesos relativos a la enseñanza de las ciencias, la tecnología, la educación ambiental y la educación para la salud, entre otros.
- 3. Promover los procesos de alfabetización científica en los docentes de la educación secundaria**, sobre la base de una comprensión de los aspectos filosóficos y sociales de la ciencia y, en general, de las ideas y representaciones científicas, con la perspectiva de que puedan contribuir a liderar esta clase de procesos en sus respectivas comunidades.

## Contenidos

En el uso cotidiano del lenguaje, el significado del concepto *ciencia* no parece problemático. Sería extraño que alguien solicitase una aclaración cuando escucha decir que algo es científico.

En las sociedades avanzadas, muchos ciudadanos han tenido alguna formación en materias consideradas científicas. Los sistemas educativos han asumido que deben reflejar el peso social que le corresponde a la ciencia en el mundo real. Por lo tanto, mucha gente ha estudiado algo de matemáticas, física, química, biología... Entre estas personas quedará más tarde la idea de que se trata de disciplinas difíciles, en las que se enseñaban verdades exactas; materias con mucho aparato matemático, por lo que exigían una inflexibilidad en las respuestas que no se daba en otro tipo de asignaturas. Unas materias que trataban cuestiones cercanas (la aceleración, la composición de las sustancias, el funcionamiento del organismo...), pero que, en general, no se volverán a utilizar en la vida cotidiana. Unas materias cuyo valor y complejidad intrínseca quedarían patentes en la gran cantidad de alumnos que las suspenden.

La ciencia, así, sería una actividad que sólo pueden desarrollar unas pocas personas especialmente inteligentes, y cuyos resultados, muchas veces incomprensibles e imprevisibles, son verdades que no admiten discusión. Decir de alguien que es *científico* es decir que su trabajo es complejo, intelectual, importante. Decir de algo que es *científico* es la forma más rigurosa de decir que es verdadero.

Esta visión tan simple de lo que es la ciencia podría asumirla también una ciudadanía menos cultivada, aquella cuya imagen del mundo provenga, sobre todo, de lo que exhibe la publicidad o de lo que sobre la ciencia y los científicos muestran el cine y la televisión. La razón de esta coincidencia es que ambas imágenes de la ciencia, la que se propaga a través de los medios de comunicación de masas y la que se imparte en la mayoría de los centros educativos, provienen de la misma fuente llamada *concepción heredada*. Una herencia aceptada sin reflexión, como ocurre, en general, con las herencias.

Sin embargo, también es cierto que durante las últimas décadas se ha desarrollado un movimiento crítico con el papel social de la ciencia. Muchas personas y muchos movimientos organizados han señalado algunas de sus peligrosas consecuencias. Al poner el acento en las consecuencias han dejado, con frecuencia, fuera de discusión el qué de la ciencia, asumiendo, también ellos, sus definiciones tradicionales.

Sorprendentemente, la pregunta por lo que es la ciencia fue una cuestión muy problemática a lo largo del siglo XX. No para la mayoría de los ciudadanos, que, en general, sabiéndolo o sin saberlo, la pagaban, se maravillaban con los resultados y los asumían. Tampoco para la mayoría de los científicos propiamente dichos, que se limitaban a construirla. Fue una cuestión muy problemática para muchos teóricos, filósofos en su mayoría, pero también para algunos científicos interesados en entender el proceso del que formaban parte.

Se verán dos grandes perspectivas sobre lo que es la ciencia. Las internalistas y las externalistas. El factor fundamental de distinción entre ellas radica en el peso que conceden a los factores sociales a la hora de definir la ciencia. Los internalistas tratarán de explicarla atendiendo sólo a factores internos a su propio desarrollo, independientemente de la sociedad. Los externalistas tendrán en consideración factores sociales en la definición de lo que es la ciencia.

### 1.1 Las concepciones internalistas de la ciencia

Algunos autores de los primeros dos tercios del siglo XX tuvieron una repercusión importantísima en el debate sobre la ciencia. Entre ellos había varias posturas contrapuestas. Fundamentalmente dos: la del positivismo lógico y la de Popper. Sin embargo, estas posiciones contrapuestas, compartían esta idea: la ciencia es un saber verdadero gracias a

que emplea un determinado método para relacionar hechos y teorías. Este acuerdo entre popperianos y neopositivistas forma parte de la idea común sobre la ciencia. De hecho, para muchas personas podría ser la definición que estaríamos buscando.

No obstante, la afirmación de que la ciencia es un saber verdadero que emplea un determinado método para relacionar hechos y teorías tiene muchas implicaciones que no todo el mundo asumirá. Porque si la ciencia es, sobre todo, un *saber*, entonces el estudio que merece es conceptual (es decir lógico) y no sociológico, psicológico o histórico (es decir, apoyado en otros hechos o circunstancias ) Y si es *verdadera*, entonces el respeto que merece es absoluto. Y si surge de la aplicación de un *método*, entonces la clave de la acción científica consistirá en su utilización rigurosa. Y, por último, si relaciona *hechos y teorías*, entonces habrá que saber qué peso le corresponde a unos y otras.

Neopositivistas y popperianos sólo dan importancia a los factores internos de la ciencia. Por eso son planteamientos internalistas. Ni neopositivistas ni popperianos considerarán relevante la transformación que la ciencia realiza sobre la realidad, ni la presión de la realidad social sobre ella, ni la historia de la ciencia, ni sus fracasos, ni su política, ni su docencia. Ni unos ni otros dan importancia a estos factores, que consideran externos a lo que es la ciencia. Según estas dos corrientes, estas cuestiones no interesan a los teóricos, y han de quedar, por tanto, fuera de la filosofía de la ciencia.



### 1.1.1 El enfoque del neopositivismo

Se conoce con los nombres de neopositivismo, positivismo lógico y Círculo de Viena a los planteamientos de una serie de autores que, en la primera mitad del siglo XX, intentaron dar una explicación rigurosa sobre la ciencia. Schilck, Carnap, Neurath, Nagel, Hempel, serían algunos de los autores de esta corriente. Para ellos la ciencia era una construcción lógica coherente que tenía su apoyo en hechos comprobados. A esta postura la llamó más tarde Putnam, con evidente acierto, concepción heredada.

La concepción heredada, tiene, como toda herencia digna de ese nombre, un origen lejano, y en este caso, además, filosófico. Para comprenderla hay que estudiar brevemente su historia.

La filosofía del siglo XX reprodujo, a su modo, una vieja distinción que se remontaba tres siglos atrás: la de los empiristas y los racionalistas. Los empiristas creían que la fuente de conocimiento era la experiencia. Los racionalistas consideraban que había una facultad interna que permitía el acceso a un conocimiento superior. Esta distinción teórica tenía un correlato geográfico. Los autores empiristas eran británicos. Los autores racionalistas, del continente.

Estas tradiciones han llegado hasta nuestros días. Hay un amplio grupo de autores, anglosajones en su gran mayoría (británicos y norteamericanos), herederos de aquellos lejanos empiristas del XVII y el XVIII, que practican una forma de hacer filosofía que suele llamarse analítica. Hay otro gran grupo de autores, cuyos antecedentes estarían entre los racionalistas, a los que llamaremos continentales.

La clave de esta escisión, que permite una ordenación tan rotunda en un terreno en apariencia tan confuso, está en sus posiciones sobre la ciencia. Los analíticos consideran que si el conocimiento proviene de la experiencia, la ciencia es la forma más perfecta de alcanzarlo. Para ellos, la filosofía, si quiere ser un saber riguroso, debe dedicarse a analizar lógicamente la coherencia de las teorías científicas, a garantizar que sus expresiones sean claras, a evitar toda ambigüedad y a extraer conclusiones científicamente justificadas. De

esta corriente proviene la concepción heredada. Quedan, del otro lado, los continentales, descontentos con el auge de la ciencia que, según ellos, había conducido a la pérdida del sentido de la existencia. Estos autores tratarían de reformar la filosofía para convertirla en un saber capaz de dotar al ser humano y a su conocimiento de ese sentido perdido.

La concepción heredada vincula la ciencia a la experiencia, al menos, en un doble sentido. Desde el punto de vista del origen del conocimiento, éste nacería de la observación de hechos que se repiten. Desde el punto de vista de la justificación de los enunciados científicos, serían válidos aquellos que se derivasen de observaciones.

Lo que dice la ciencia estaría comprobado porque se habría observado. El resultado de esas observaciones sobre las que la ciencia fija su verdad serían los hechos. El enunciado de un hecho sería un enunciado singular. Dos ejemplos. El primero, tomado de la realidad física: "El móvil X alcanzó la velocidad de 100 kms por hora en 5,6 segundos". El segundo, un famoso fragmento de la novela En busca del tiempo perdido, de Marcel Proust: "[el protagonista] se llevó a los labios una cucharada de té en el que había echado un trozo de magdalena". Estos dos enunciados son singulares porque se refieren a hechos concretos: un móvil determinado alcanza una cierta velocidad en un tiempo, un personaje concreto se acerca a la boca una cosa determinada.

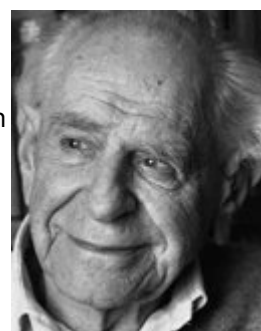
Por supuesto, la ciencia no se limita a referirse a cosas concretas. Una ciencia así sería absurda. Al contrario, su valor radica en su capacidad para producir enunciados universales, válidos para cualquier hecho y para cualquier circunstancia. Enunciados, por tanto, capaces de predecir hechos futuros. En relación con los ejemplos del párrafo anterior: la relación entre la velocidad y el tiempo, es decir la aceleración es  $dv/dt$ , o, volviendo al libro de Proust: "si conservamos la sensación de nuestra identidad, y al mismo tiempo vivimos plenamente ese instante que durante tanto tiempo hemos considerado desaparecido, entonces, y sólo entonces, estaremos en posesión del tiempo perdido". Estas afirmaciones, verdaderas o falsas, tienen valor universal, se refieren a un número indeterminado de hechos independientemente de cuando sucedan.

Un enunciado singular se comprende fácilmente. Su verdad queda garantizada por la contrastación empírica. Un enunciado universal, mucho más valioso, no se entiende de un modo tan sencillo. Si su verdad deriva de la experiencia y sólo hay experiencia de lo singular, ¿cómo se pasa de los enunciados individuales a los universales?, ¿cómo se llega desde lo pasado a lo futuro?, ¿cómo se va desde los hechos a las teorías? La respuesta es clara: por el principio de inducción. Porque se ha observado un número suficiente de veces que un fenómeno aparece junto a una determinada característica, y se llega a la conclusión de que todos los fenómenos de ese tipo tienen esa característica. Una cosa que ha ocurrido siempre, seguirá ocurriendo en el futuro. Por ejemplo: se ha observado un número suficiente de veces que cada vez que llueve, el suelo se moja; por lo cual se llega a la conclusión de que la lluvia moja el suelo (siempre, también las lluvias del futuro en lugares que ignoramos).

¿Y cómo se realiza el viaje inverso?, ¿cómo se va desde los enunciados universales a los singulares? ¿cómo se sabe que un enunciado universal es verdadero? Por la aplicación del principio de verificabilidad. Porque se puede comprobar, en cualquier caso concreto, que se cumple el enunciado universal. Para los neopositivistas sólo serían válidos los enunciados generales que puedan ser autenticados por los sentidos, que puedan ser verificados. Así, en la base de cualquier teoría estaría el terreno firme de los hechos verificados.

### 1.1.2 La postura de Popper

Karl Popper, de origen y educación similares a las de Carnap, expuso unas teorías contrarias a las expresadas por los neopositivistas. Su posición ha sido muy influyente y ha tenido gran cantidad de seguidores. Se les llama popperianos. Sin embargo, no tienen, como en el caso de la otra postura, un nombre que les identifique como grupo. Por eso se da la asimetría de nombrar por un lado a muchos autores



bajo un solo nombre mientras por otro se cuenta una teoría haciendo mención a uno solo.

Los neopositivistas mantenían que la verdad de los enunciados se encuentra en la posibilidad de comprobar los hechos a los que hacen referencia. Esto se denomina: criterio empirista de significación. Los hechos aparecen como datos indiscutibles. Ante los hechos sólo cabe admitirlos. Ante su ausencia, desechar ese enunciado carente de significado. Pues bien, esta idea es criticada por Popper.

Según Popper, los hechos suponen la existencia de un marco teórico previo. Sólo se puede observar un hecho dentro de una teoría determinada. Los hechos aislados, independientes de un marco teórico, no existen. Dos personas situadas ante lo mismo pueden observar hechos diferentes. No quiere decir que no vean lo mismo, que no capten los mismos fenómenos ópticos. Quiere decir que la forma en la que seleccionan y ordenan esa información que se les presenta puede ser distinta en cada caso. Hasta el punto de asistir a hechos diferentes.

Esa cualidad de los hechos no es sólo monopolio de los hechos científicos. En la vida cotidiana ocurre lo mismo. Nuestras observaciones más banales implican una carga teórica. La cantidad de teoría que hay detrás de cada observación es difícil de comprender debido a lo fuertemente enraizada que está esa teoría. Decir: "no cogen el teléfono" podría parecer un sencillo enunciado de hecho pero implica un gran conocimiento sobre origen, intención y procedencia de los sonidos; sobre comunicación humana, costumbres, cortesía... La mejor forma de comprender esto es recordar esas situaciones que, por novedosas, no entendemos pero que otras personas, que sí lo hacen, asumen perfectamente. La observación de un juego ignorado, por ejemplo. Una persona que desconozca el béisbol no sabrá tan siquiera cuando hay una jugada y cuando un tiempo de descanso.

En el terreno de la ciencia, donde las teorías son más elaboradas, esto se da en mayor grado. La cantidad de teoría necesaria para comprender un análisis de sangre o el dato sobre el tiempo que envía un satélite meteorológico es enorme. Y esos hechos, el estado del organismo del paciente y de la atmósfera en esa zona, no pueden ser captados sin las teorías médica o meteorológica subyacentes. De esto se desprende que los hechos no pueden tener el relevante papel que les otorgaba el neopositivismo. No pueden servir como último criterio para determinar la verdad o falsedad de algo. Para fijar, con la precisión suficiente, un hecho haría falta un marco teórico, que sí sería criterio último.

Popper desmonta el criterio de verificabilidad. Los propios neopositivistas se habían dado cuenta de que, aplicado hasta sus últimas consecuencias, hacía imposible la ciencia. Sencillamente, muchas ciencias que consideramos que funcionan (explican y predicen) no pueden cumplir el requisito de que todos sus enunciados teóricos se deriven de enunciados verificados. Un ejemplo muy claro sería el de la física cuántica, uno de cuyos principios afirma precisamente la imposibilidad de determinar simultáneamente la velocidad y la posición de un electrón. En esa ciencia el punto de partida es la indeterminación observacional. Popper considera, además, que ese criterio no explica cómo, en realidad, la ciencia actúa para justificar e idear sus teorías.

Popper propone otro criterio al que llama criterio de falsabilidad. La importancia que tuvo este argumento fue tal que a la postura de Popper se la conoce como falsacionismo. Para él, el valor de una teoría está en su capacidad para predecir y explicar. Y el criterio para determinar su carácter científico es que permita ser negada por la experiencia. No tiene por qué tener su origen en la experiencia. No tiene por qué asentarse firmemente en hechos comprobados. Puede asentarse en la fantasía del científico. Lo fundamental es que explique fenómenos y que permita, mediante la experimentación, comprobar si es falsa o no lo es. No hay que confundir falsar una teoría con que una teoría sea falsa. Falsar es intentar mostrar experimentalmente que una teoría es falsa. Una teoría es científica si se puede falsar o refutar. Una teoría es provisionalmente cierta si no ha sido falsada, si ha conseguido salir airoso de todos los intentos experimentales por mostrar su falsedad.

El falsacionismo supone una apuesta por la imaginación científica. Otorga una gran libertad al proceso de ideación de las soluciones. El científico puede suponer cualquier solución a los problemas que se plantea, siempre que los explique. El filtro de los hechos sólo aparece al final del proceso, cuando la teoría sea sometida a falsación. Si el verificacionismo daba prioridad a los hechos, el falsacionismo se la da a la teoría.

El falsacionismo supone una concepción abierta e indeterminada de la verdad de la ciencia. Popper no cree que la ciencia persiga respuestas definitivas. Sus respuestas serán siempre provisionales. Estarán en espera de su falsación. El fin de la ciencia es el de descubrir nuevos problemas más generales que los anteriores. Y el de someter las respuestas a rigurosas contrastaciones.

El objetivo de la ciencia es para Popper más modesto de lo que era para los neopositivistas. Éstos perseguían la verdad. Por esa razón su forma de razonar era tan exigente con el punto de partida. Y por eso exigían la verificación de sus enunciados. Popper se conforma con la verosimilitud. La ciencia debería perseguir explicaciones aceptables que dotaran de un mejor orden y sentido a la realidad. La verdad sería una aspiración excesiva, imposible e innecesaria.

Las ideas de Popper, que sólo consideraban científico lo que se puede refutar por la experiencia, parecían explicar muy bien el avance de la ciencia. Las ideas antiguas, que fueron provisionalmente verdaderas mientras no pudieron ser falsadas, dejan su sitio a otras en el momento mismo en que se demuestra, mediante la experiencia, que en algún caso no se cumplen. Sin embargo, Popper recibió fuertes críticas. En la realidad, las teorías no se abandonan cuando son falsadas. Al contrario, se añade una explicación que de cuenta del error experimental. Las teorías, antes de admitir su retirada, pueden poner muchos parches a sus planteamientos. Crecen, mediante añadidos inexistentes en el proyecto inicial. Cambian la carga de la prueba de las teorías a los hechos. Esperan explicaciones más abarcales que den cuenta de lo que provisionalmente se consideran errores de observación.

Posturas	Positivismismo lógico	Popper
Criterio fundamental	Verificabilidad	Falsabilidad
Aspiración	Verdad	Verosimilitud
Punto de partida	Prioridad de los hechos	Prioridad de las teorías

## 1.2 La concepción externalista de la ciencia

El momento más brillante del movimiento neopositivista se dio entre los años veinte y cuarenta. El auge del falsacionismo tuvo lugar entre los años cuarenta y sesenta (el libro fundamental de Popper, *La lógica de la investigación científica*, publicado originalmente en alemán en 1935, tardó veinticinco años en traducirse al inglés, por lo que su influencia también se retrasó.). El auge de las concepciones externalistas de la ciencia comienza mediados los años sesenta.

La importancia que los neopositivistas le habían dado a la concepción externalista se aprecia en la obra de Reichenbach. Este autor neopositivista, ideó una distinción para repartir el terreno que le correspondían a los factores internos y externos a la hora de considerar la ciencia. Separó los estudios sobre ciencia en dos contextos excluyentes. Los llamó contexto de justificación y contexto de descubrimiento.

El contexto de justificación se fija en los factores internos. En él se analiza la estructura lógica de una determinada teoría. Lo que realmente hubieran hecho los autores de una teoría no sería relevante. Lo que importa será la estructura lógica de su teoría. Esa lógica será la que justifique su carácter científico. Estudiar el contexto de justificación sería tarea de filósofos de la ciencia.



El contexto de descubrimiento se fija en los factores externos. En él se recopilan los elementos que jugaron algún papel en el nacimiento de una teoría. Serían factores económicos, políticos, religiosos, psicológicos... Factores históricos, en sentido amplio, que explicarían cómo se produjo un descubrimiento pero no justificarían que lo fuera. El estudio de este contexto correspondería a sociólogos, psicólogos, historiadores...

Todas las aportaciones que, desde una perspectiva externalista, quisieran hacerse al estudio de una teoría científica formarían parte del contexto de descubrimiento. Serían adjetivas. No añadirían nada a la justificación del carácter científico de una teoría que serían el aspecto sustantivo.

A pesar de estas distinciones teóricas, el peso de los factores sociales en el estudio de la ciencia acabó imponiéndose. En este sentido, tuvieron gran importancia un acontecimiento histórico y una obra académica. El hecho histórico fue la bomba atómica. La obra, *La estructura de las revoluciones científicas*, de T. S. Kuhn.

Visión interna	Contexto de justificación	Científicos Filósofos de la Ciencia	Conocimiento:	<i>La estructura de las revoluciones científicas</i>
Visión externa	Contexto de descubrimiento	Sociólogos Psicólogos Historiadores	Hecho histórico:	<i>Proyecto Manhattan</i>

### 1.2.1. La Gran Ciencia

La producción de la bomba atómica supuso un hito en el desarrollo de la Gran Ciencia (Big Science): la que sólo es posible sobre la base de un enorme apoyo financiero y, por lo tanto, dentro de una gran estructura organizativa y de gestión. Desde entonces, el peso de la Gran Ciencia en la investigación científica ha ido creciendo. El proyecto genoma humano, el desarrollo de aceleradores de partículas o de telescopios instalados en el espacio, son algunos ejemplos recientes. Todos estos proyectos suponen tanto gasto que ni los Estados más poderosos pueden afrontarlos en solitario. También suponen tal influencia de la economía, la política y la logística sobre la ciencia que ésta modifica fundamentalmente sus intereses y su forma de trabajo.

La bomba atómica es el arma más destructiva que se ha creado jamás. Su producción dio lugar al nacimiento de un periodo nuevo de la historia humana. En la era nuclear, los seres humanos tienen el poder de destruirse mutua y totalmente. Esta realidad modificó la política y la sociedad.

La bomba atómica supone un gran desarrollo tecnocientífico. No hubiera sido posible sin un elevado conocimiento teórico sobre la estructura atómica y sin una poderosa industria capaz de producir los sofisticados y precisos componentes necesarios. La mayor herramienta destructiva se apoyaba en el saber científico. Esta realidad tenía que afectar a la idea misma de ciencia. Pero es que, además, el modo en el que se llegó a la producción de la bomba fue también un caso ejemplar de esa nueva forma de ciencia que es la Gran Ciencia.

El proceso de producción de la bomba atómica se llamó proyecto Manhattan. Los científicos que habían estudiado la estructura atómica conocían las posibilidades explosivas de la fisión del uranio y se lo hicieron saber al presidente de Estados Unidos. La administración militar se encargó de la compleja organización del proyecto. Supuso implicar a varias industrias en la producción, nunca antes realizada, de óxido de plutonio, uranio metálico, óxido de uranio... y en el desarrollo de otros artilugios necesarios para el correcto funcionamiento de una bomba tan peligrosa. También muchos científicos de varias universidades norteamericanas y



un grupo de físicos, en Palo Alto, trabajaron en absoluto secreto y coordinados por el cuerpo de ingenieros del ejército. Casi todos los pasos se daban por primera vez. Pese a las múltiples incertidumbres sobre factores poco aclarados, y después de una sola prueba en el desierto de Nuevo México, se lanzó una bomba de uranio sobre Hiroshima y, tres días después, una de plutonio sobre Nagasaki. Se calcula que, como consecuencia de la bomba, murieron ese mismo año más de un cuarto de millón de personas. Japón se rindió. Toda la inmensa organización de conocimiento que se había puesto en marcha había dado su fruto. Pero quedaron claras tres cosas: que el interés militar podía dirigir (e iba a dirigir) la investigación científica, que las necesidades y la estructura de una sociedad podían condicionar esas investigaciones y que la tecnociencia podía producir peligros, duraderos y difíciles de controlar, para la humanidad en su conjunto.

Tanto los antecedentes como las consecuencias del proyecto Manhattan tienen una clara dimensión social. Es un ejemplo histórico, práctico, de cómo factores externos a la investigación científica, en este caso la guerra, influyen sobre aquella. Y una muestra de cómo la ciencia puede influir en las relaciones sociales en la historia.

### 1.2.2. Kuhn y las revoluciones científicas

Antes de Kuhn hubo autores que trabajaron mostrando la influencia de los elementos sociales en la construcción de la ciencia. Uno de los más importantes fue Bernal. Este autor escribió su Historia social de la ciencia desde una óptica materialista. Bernal mostró cómo las creaciones científicas respondían a las condiciones sociales en las que tuvieron su origen.

La obra de Kuhn, La estructura de las revoluciones científicas (1962), transformó las ideas teóricas sobre la ciencia. Kuhn estudió cómo cambiaba la ciencia, qué hacía que unos científicos abandonaran unas ideas y adoptaran otras. Se centró en un momento fundamental de la historia de la ciencia: el definitivo abandono de las teorías físico-astronómicas aritotélico-ptolemicas durante los siglos XVI-XVII.

Durante la Edad Media, los científicos suponían que los elementos eran distintos en la tierra y en el espacio (en el mundo sublunar y en el supralunar), donde también regían tipos distintos de movimientos; daban por supuesto el lugar central de la tierra en el universo, la circularidad de las órbitas de los astros y la constancia de la velocidad lineal de su movimiento. Desde estos principios, explicaban sus precisas observaciones astronómicas oculares acumuladas durante siglos.

Se suele entender que Copérnico, Galileo, Kepler y, finalmente, Newton fueron los protagonistas principales del proceso de liquidación de las antiguas ideas físicas y astronómicas. Los pasos fundamentales de ese proceso habrían sido: la modificación de la situación de la Tierra y el Sol en el cosmos, la aplicación del telescopio a la observación de los astros, el cambio de la idea sobre la forma de las órbitas planetarias y, finalmente, la construcción de un sistema mecánico que daba cuenta de todos estos movimientos mediante unas mismas leyes. Estas nuevas explicaciones habrían ido convenciendo a los científicos de la época de las ventajas de la nueva ciencia. Kuhn dio una explicación muy distinta.

Kuhn explicó esa transformación radical en la ciencia como una revolución científica que consistió, básicamente, en un cambio de paradigma. El concepto de revolución tiene un origen político: indica una modificación radical y violenta del orden vigente. La aplicación de este concepto a la ciencia no puede realizarse de modo completo. Pero sí en parte. En las revoluciones científicas, también se transforma el orden vigente, el paradigma científico.

El paradigma sería el conjunto de modelos, ejemplos y teorías que es asumido por una comunidad científica. Se referiría igualmente a los teorías, a los métodos y las ideas básicas sobre el orden de la realidad (ideas metafísicas) que una comunidad científica supone ciertas y trasmite a los nuevos científicos. Como cada paradigma implica teorías y ejemplos, no puede ser derrotado por ejemplos o teorías expuestas desde otro paradigma. Los paradigmas

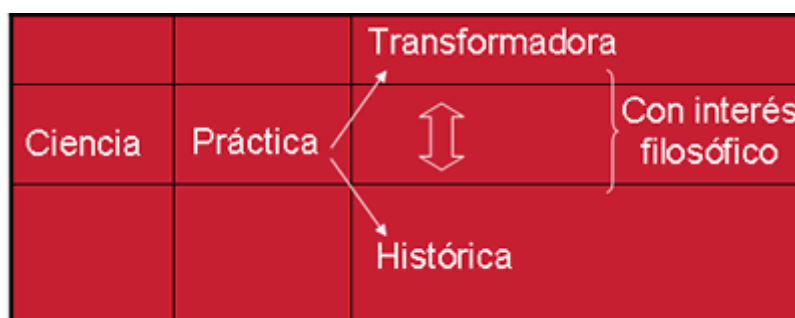
son inconmensurables. No admiten comparaciones. Desde un paradigma, las ideas extrañas al paradigma se considerarían, sencillamente, como no científicas.

Kuhn llama ciencia normal al periodo de una ciencia en la que hay un paradigma firmemente asentado, sobre cuya seguridad se produce una acumulación de conocimientos. En esos periodos de ciencia normal, también se acumulan problemas irresueltos y fallos explicativos cuya importancia no se considera fundamental y que son pospuestos. La ciencia se transforma, precisamente, cuando se propone un paradigma nuevo que se enfrenta al existente. Esas anomalías que habían sido aparcadas se colocan en el primer plano. Se proponen modificaciones radicales del marco teórico para dar cuenta de ellas. Esta crisis no se puede resolver mediante nuevos añadidos en el paradigma existente. Sobreviene la revolución científica: aparecen otros científicos que abordan los problemas desde supuestos radicalmente diferentes. Eso fue lo que ocurrió en la ruptura del modelo aristotélico-ptolemaico.

Según Kuhn, en la decisión de cambio de paradigma intervienen muchos factores irracionales. El cambio de paradigma supone la modificación del orden de las creencias sobre las que se asientan las seguridades intelectuales de los científicos. Pero también la ruptura del orden de las relaciones de poder de las instituciones que controlaban el antiguo saber. Los científicos no sólo comprometen sus convicciones, sino que también arriesgan su posición social. Esos factores políticos no se transforman por medio de argumentaciones lógicas o por la demostración de experimentos cruciales. Se condicionan retóricamente, por medio de la persuasión. Los paradigmas científicos se abandonan de una manera parecida a como se abandonan las viejas ideas políticas: las nuevas mayorías las van dejando de lado hasta que se convierten en historia.

Las ideas sobre ciencia se han modificado mucho desde la obra de Kuhn. Se han propuesto otros modelos de explicación de los cambios científicos. Pero no ha habido una vuelta atrás en la consideración de la importancia de los factores sociales a la hora de definir qué es la ciencia. En ella no sólo intervienen los criterios cognoscitivos sino también sociales, políticos, económicos.

Una definición de ciencia que quiera ser asumida en el siglo XXI debe admitir que la ciencia no es sólo un conocimiento sino también una práctica transformadora de la realidad, históricamente condicionada.



#### DOCUMENTO 1: El pavo inductivista

*B. Russel propuso un ingenioso argumento para mostrar las limitaciones del principio de inducción. Se le conoce como el argumento del pavo inductivista: Un pavo llega a una granja. A la mañana siguiente, a las nueve, un hombre entra y le da de comer. Al día siguiente ocurre lo mismo. Como buen inductivista, el pavo no saca conclusiones precipitadas. Consigna los dos hechos, apunta esos dos enunciados individuales y sigue realizando observaciones. Llueve, entra el hombre y el pavo come a las nueve. Hace sol, lo mismo. Domingo, o martes, o viernes, el hombre entra y el pavo come a las nueve. Cuando esto ha ocurrido ya cientos de veces, en todo tipo de circunstancias, el pavo creerá haber*

descubierto su ley y dará por sentado su enunciado universal: en esta granja siempre se come a las nueve. Tranquilo por haber previsto el futuro, espera que sean las nueve, ve llegar al hombre y agacha la cabeza en la confianza de que es la hora de comer. Sin embargo, es el día de Navidad y, aunque el pavo no lo sabrá nunca, la ley demuestra no ser tal: el pavo no volverá a levantar el cuello. En conclusión: no se pueden extraer conclusiones sobre el futuro sólo del conocimiento del pasado.

#### DOCUMENTO 2: La falsación, así en la ciencia como en el fútbol

La ciencia ya no será lo perfecto y dominado, ideal de un físico, sino lo buscado y cuestionado, intención de un economista. Nunca habrá certeza y seguridad, sólo búsqueda y continuos ensayos. Prueba y error, corrección mediante un intento diferente, nuevo ensayo y siempre posible un nuevo error. La ciencia nunca me garantizará que yo poseo la verdad, pero me debo consolar sabiendo que realizo una búsqueda incesante. Científico no es el que sabe, sino el que busca conocer.

Por eso las hipótesis fundamentales no pueden provenir de una inducción, siempre lógicamente insegura, sino de una iluminación genial. Y si al comparar las consecuencias observacionales con la realidad resultan falsas, he comprobado que la hipótesis no funciona y debo abandonarla y buscar otra. De ahí la búsqueda incesante. Pero, si no logro derribarlas aunque haga lo imposible por falsarlas, entonces por ahora quedan corroboradas, pero no puedo garantizar que un día no fallen. Nunca tengo seguridad absoluta en la ciencia.

Esta es la razón por la que Popper no habla de verificación sino de intento de falsación y posible corroboración a no ser que se compruebe la falsedad. Y por eso dice que las hipótesis más insospechadas suelen ser las más fértiles y valiosas cuando aguantan todos los intentos de falsarlas. Pongamos un ejemplo. Supongamos que soy el seleccionador nacional del equipo de fútbol de un país. Acaba de tener un par de derrotas que dejan muy comprometida mi participación el próximo Mundial. ¿Qué hacer? Pedir a los entrenadores de los equipos de primera división que me envíen al que ellos consideran el mejor jugador de su club. Eso sería de alguna manera un equivalente a la inducción. Puede resultar cualquier cosa. Dejar los cinco a seis mejores del conjunto actual y buscar otros consagrados que me tapen los agujeros... Posible fracaso.

Tener un buen sistema de información de esos descubridores de fenómenos que detectan las promesas en la cantera cuando todavía tienen diecisiete o dieciocho años. Descubrir de repente quince Pelés y formar un equipo con ellos. Si ese equipo resultase sería mi más absoluta consagración y seríamos campeones mundiales cuatro o cinco campeonatos seguidos. Esa sería la gran intuición, no inducción. Pero, ¿quién le pone ese cascabel al gato? Porque lo primero que yo tendría que hacer en el método científico es intentar ver si se puede falsar mi selección. Si la pongo a jugar contra un equipo reserva de tercera división, lo que sería una verificación muy elemental, se podría creer que éramos buenos porque ganamos 4-0. No, hay que intentar falsarlos, es decir, ponerlos a jugar contra el equipo más poderoso que pueda encontrar. Si van dejando en la cuneta a los mejores equipos de todos los países, de momento no podré decir que es científicamente cierto que tengo el mejor equipo del mundo, pero sí que por ahora he corroborado que es bueno.

(...) Hay sólo saberes provisionales, el viento cambia de dirección en cada momento y hay que estar cambiando el velamen y enderezando el timón. Y curiosamente un buen marino no es el que llega lo más rápidamente posible al puerto de destino, sino aquel que frente a un mar tempestuoso no naufraga, aunque derive sin sentido en cualquier dirección.

Trevijano, M.: En torno a la ciencia. Madrid. Tecnos. 1984. 250-252.

#### DOCUMENTO 3: Mantenerla y no enmendarla: los límites del falsacionismo

La historia trata de un caso imaginario de mal comportamiento planetario. Un físico de la era preeinsteiniana toma la mecánica newtoniana y su ley de la gravitación,  $N$ , las condiciones iniciales aceptadas,  $i$ , y calcula, con su ayuda, la trayectoria de un pequeño planeta recientemente descubierto,  $p$ . Pero el planeta se desvía de la trayectoria calculada. Considera nuestro físico newtoniano que la teoría de Newton hace imposible tal desviación y

por lo tanto que, una vez establecida, refuta la teoría N? No; sugiere que debe haber un planeta hasta ahora desconocido,  $p$ , que perturba la trayectoria de  $p$ . Calcula la masa, la órbita, etc., de este planeta hipotético y luego le pide a un astrónomo experimental que compruebe su hipótesis. El planeta  $p$  es tan pequeño que posiblemente ni los mayores telescopios disponibles lo pueden observar. El astrónomo experimental solicita una beca de investigación para construir uno mayor. A los tres años está listo el nuevo telescopio. Si se descubriera el planeta desconocido  $p$ , se le saludaría como una nueva victoria de la ciencia newtoniana. Pero no es así. Abandona nuestro científico la teoría de Newton y su idea del planeta perturbador? No. Sugiere que una nube de polvo cósmico nos oculta el planeta. Calcula la situación y las propiedades de esta nube y pide una beca de investigación para enviar un satélite que compruebe sus cálculos. Si los instrumentos del satélite (que posiblemente son nuevos, y se basan en una teoría poco comprobada) registraran la existencia de la hipotética nube, el resultado sería saludado como una sobresaliente victoria de la ciencia newtoniana. Pero no se encuentra la nube. Abandona nuestro científico la teoría newtoniana junto con la idea del planeta perturbador y la idea de la nube que lo oculta? No. Sugiere que en esa región del universo hay un campo magnético que perturba los instrumentos del satélite. Se envía un nuevo satélite. Si se encontrara el campo magnético, los newtonianos celebrarían una victoria sensacional. Pero no es así. Se considera esto una refutación de la ciencia newtoniana? No. O se propone otra ingeniosa hipótesis auxiliar o... se entierra toda la historia en los polvorientos volúmenes de las revistas y nunca más se la menciona de nuevo.

I. Lakatos en A.F. Chalmers *Qué es esa cosa llamada ciencia*, ed. Siglo XXI, Madrid, 1986. 95, 96

#### DOCUMENTO 4: Los prejuicios necesarios de los científicos

En algún punto de su carrera, a todo miembro de este Simposio se le ha presentado, estoy seguro, la imagen del científico como una persona que está sin compromisos detrás de la verdad. Es el explorador de la naturaleza, el hombre que rechaza los prejuicios en el umbral de su laboratorio, que reúne y examina los hechos desnudos y objetivos, y que es fiel a los hechos y sólo a ellos. Estas son las características que hacen tan valioso el testimonio de los científicos cuando se hace una campaña publicitaria en los Estados Unidos. Ni siquiera para un público internacional se requiere más. Ser científico es, entre otras cosas, ser objetivo e imparcial.

Probablemente ninguno de nosotros cree que en la práctica el científico de la vida real logra plenamente satisfacer este ideal. El conocimiento personal, las novelas de Sir Charles Snow. o una rápida lectura de la historia de la ciencia proporcionan demasiadas pruebas de lo contrario. Aunque la empresa científica pueda ser imparcial, sea cual fuere el sentido que pueda tener esta aplicación de la frase, el científico personalmente muy a menudo no lo es. Sea su obra predominantemente teórica o experimental, habitualmente parece conocer, aun antes de que su proyecto de investigación esté en marcha, casi hasta los mínimos detalles del resultado al que llegará ese proyecto. Si el resultado aparece rápidamente, tanto mejor. Si no, luchará con sus aparatos y sus ecuaciones hasta que, si ello es posible, brinden resultados que se ajusten al tipo de estructura que ha previsto desde el comienzo. Tampoco es solamente por su propia investigación por lo que el científico expone sus firmes convicciones sobre los fenómenos que pueden ocurrir en la naturaleza y sobre los modos en que se los puede adecuar a la teoría. A menudo las mismas convicciones aparecen aún más claramente en su respuesta a la obra de otros. Desde la recepción por Galileo de las investigaciones de Kepler hasta la recepción por Nägeli de las de Mendel, desde el rechazo por Dalton de los resultados que obtuvo Gay Lussac hasta el rechazo por Kelvin de los logrados por Maxwell, las novedades inesperadas en lo concerniente a hechos o a teoría, característicamente, han hallado resistencia y a menudo han sido rechazados por muchos de los miembros más creadores de la comunidad científica profesional. El historiador, al menos, no necesita que Planck le recuerde que: Una nueva verdad científica habitualmente no se presenta de un modo que convenza a sus oponentes ... ; más bien, éstos van desapareciendo poco a poco y surge una nueva generación que está familiarizada con la verdad desde el principio

Hechos conocidos como éstos -y sería fácil citar muchos más- no parecen indicar una empresa

cuyos participantes sean notablemente imparciales. ¿Se los puede reconciliar acaso con nuestra imagen habitual de la investigación científica productiva? Si tal reconciliación no ha parecido presentar problemas fundamentales en el pasado, probablemente ello obedezca a que la resistencia y los prejuicios han sido considerados, por lo común, como extraños a la ciencia. No son, se nos ha dicho a menudo, más que el producto de inevitables limitaciones humanas; un método científico apropiado no tiene cabida para ellas; y este método es suficientemente poderoso para que ninguna idiosincrasia meramente humana pueda impedir su éxito por mucho tiempo. En esta concepción, los ejemplos de *parti pris* científico quedan reducidos a la categoría de anécdotas, y es esta evaluación de su significación lo que este ensayo pretende poner en tela de juicio. La sola verosimilitud sugiere que esto es necesario. Los prejuicios y la resistencia parecen la regla y no la excepción en el desarrollo científico maduro. Además, en circunstancias normales, caracterizan tanto a la mejor y más creadora investigación como a la más rutinaria. Tampoco puede haber muchas dudas sobre cuál es su origen. No son características del individuo aberrante, sino que son características comunitarias con profundas raíces en los procedimientos por los cuales se prepara a los científicos para trabajar en su profesión. Las convicciones firmes anteriores a la investigación a menudo parecen constituir una condición necesaria para lograr éxito en las ciencias.

Kuhn, T. S.: *“Los paradigmas científicos, en Barry Barnes: Estudios sobre sociología de la ciencia. Versión española de Nestor A. Miguez. Alianza Editorial, Madrid, 1980*

## 2. El funcionamiento de la ciencia

Preguntarse por cómo funciona la ciencia sería preguntarse por lo que hacen los científicos. Las acciones de los científicos serían las que mostrasen el funcionamiento de la ciencia.

El arte ha presentado al científico como un solitario. La novela y el cine le muestran, a veces, en el extremo de la soledad, loco. La soledad del científico sería, a la vez, una exigencia de su trabajo y una consecuencia de su saber. Las obligaciones de su tarea le alejan de los demás. Lo recóndito de su conocimiento, tan distinto del propio del hombre común, le conducen a un mayor aislamiento. Esa misma imagen vulgar del científico, le presenta, normalmente, de una de estas dos maneras: o manipula la realidad con extraños artilugios, o piensa la realidad para llegar a no menos extrañas conclusiones. Manipula o reflexiona. Esas dos acciones las ejecutaría según un orden. Un orden diferente al de los demás, cuyo seguimiento, es, precisamente, lo que le convierte en científico.

Así, se supone que el científico sabe hacer una serie de cosas que son ajenas al hombre común. Sabría dirigir su interés hacia aquellas partes de la realidad que lo merecen, sabría escoger qué elementos de esa realidad son relevantes y cuáles carecen de interés, sabría lo que se conoce y lo que se ignora sobre esas cosas, sabría interrogarlas, sabría transformarlas según su interés, sabría medir exactamente esas transformaciones y sabría, por último, razonando con un rigor superior al común, entender las respuestas y comprender lo que suponen para las ideas conocidas sobre ese asunto.

Según la idea tradicional, el funcionamiento de la ciencia consistiría, pues, en la aplicación del *método científico* por parte de las personas preparadas para hacerlo. La educación de un científico supondría el aprendizaje de las herramientas necesarias para esa aplicación.

Un método implicaría tanto una ruta como una forma de avanzar. El método científico sería el conjunto de pasos que los científicos deberían dar con el fin de garantizar la corrección de sus conclusiones. Ese método tendría que incluir, en algún grado y orden, la aplicación de la observación y el empleo de la lógica. Una adecuada contrastación y un razonamiento riguroso serían características esenciales de la idea de método. La adecuada aplicación del método conduciría a la verdad científica.

### 2.1 La historia de los métodos científicos

En ocasiones, se ha creído en la existencia de un solo método para todas las ciencias. La existencia de un solo método tendría repercusiones sobre el conocimiento y sobre la realidad. Si toda la realidad se pudiera conocer de una misma forma, sería legítimo suponer una unidad de fondo entre todas las cosas. También se podría afirmar que hay una estructura común entre el mundo y nuestra mente. Además, si hubiera un solo método científico sería fácil defender que la ciencia no está condicionada socialmente. Al aplicarlo a cualquier campo de la realidad, produciría conocimiento seguro. No importarían ni el momento ni las circunstancias. Daría igual el grado de desarrollo de una ciencia y el objeto del que se ocupase.

A lo largo de la historia, muchas veces se ha creído encontrar ese método. Los siglos XVI y XVII fueron particularmente fértiles en propuestas metodológicas. En este campo se reprodujeron las diferencias entre empiristas y racionalistas. El método que proponían aquellos que pensaban que el conocimiento proviene de la experiencia no podía ser el mismo que defendían los que creían que se puede alcanzar a través del uso exclusivo de la razón. Desde los dos campos se creyó encontrar métodos universalmente válidos.

En el siglo XVI, Bacon inició la tradición de métodos basados en la inducción. Este autor proponía partir de la experiencia para estudiar las cuestiones científicas. Su método comenzaba reuniendo todos los hechos en los cuales era posible que apareciese la característica que quería estudiar. Luego, los clasificaba en tres grupos según esa característica apareciese, o no apareciese (lo cual era particularmente importante cuando los hechos eran similares) o lo hiciera en algún grado. Finalmente, Bacon proponía fijarse en qué características eran las realmente fundamentales para explicar el fenómeno: las que se daban siempre, las que se incrementaban a la vez que el fenómeno principal...

En aquella época se desarrollaron otro tipo de métodos: los que daban más importancia a la ideación de las soluciones que a la observación de los hechos. Descartes propuso un método (el *método cartesiano*) basado en cuatro reglas, fáciles de comprender y de memorizar. Las aplicó a campos muy diversos, de la física a la metafísica. Galileo propuso otro, llamado método de *resolución y composición*, que implicaba una alternancia de estas dos operaciones. Todo problema se reducía a sus partes matematizables fundamentales, despreciando lo demás. Luego, se recomponían esos elementos y se aventuraba una solución, de la que, matemáticamente, se extraían consecuencias. Finalmente, se decidía sobre la verdad de esas soluciones a través de experimentos que comprobaran esas consecuencias previstas.

Hoy casi nadie cree que pueda existir un único método científico. Bacon y Descartes creyeron que sus métodos servirían para cualquier ciencia. Ahora nadie los usa en ninguna. Existen, por el contrario, otros muchos métodos que se aplican, principalmente, en campos particulares: el axiomático para la lógica, los comprensivos en sociología, los computacionales en estadística, los hermeneúticos en historia...

Implicaciones de la existencia de uno o varios métodos científicos	
Un método	Varios métodos
Unidad de fondo de toda la realidad	Diversidad de la realidad
Independencia de los contextos sociales e históricos	Posibilidad de implicaciones históricas y sociales

## 2.2 El método hipotético-deductivo

Un método que gozó de gran predicamento durante el siglo XX fue el método hipotético-deductivo, cuyo origen suele considerarse que procede de Galileo. Este método supone la existencia de dos amplios marcos dentro de los cuales se lleva a cabo la experiencia del científico. Todo científico asume en el desarrollo de su trabajo, un marco teórico y un marco observacional. El primero, el teórico, está constituido por el conjunto ordenado de ideas de



su ciencia, que, conveniente coordinadas con las de las otras, le sirven a ese saber para explicar los fenómenos de los que se ocupa. Porque las ideas de una ciencia no se acumulan caóticamente unas junto a otras sino que constituyen un cosmos en el que, algunas ocupan un lugar central, siendo la base en la que otras se apoyan. El marco observacional se refiere al conjunto de hechos que un determinado saber considera relevantes y que son contrastados con sus instrumentos de medición propios y comprendidos desde su marco teórico correspondiente. En la situación estable y normal la teoría explica lo observado.

El problema surge cuando una observación no es explicable desde la teoría, cuando el marco observacional y el teórico entran en conflicto. Se observa un hecho que la teoría no sabe justificar o se predicen teóricamente hechos que no se pueden contrastar. Así, en ese lugar intermedio, entre la contrastación y la explicación, aparece el problema cuya solución se impone buscar.

El primer paso que se debe dar es el del adecuado planteamiento del problema. Este es un paso fundamental, que condicionará el resto del proceso. Un error en el planteamiento sería el peor fallo en la aplicación del método hipotético-deductivo, pues éste no prevé su replanteamiento.

El siguiente paso supone formular una hipótesis. La hipótesis es la solución que se aventura. Es una respuesta que se propone. Para formular la hipótesis, el científico debe buscar, dentro del marco teórico, una manera nueva de relacionar los conocimientos asentados, una manera capaz de explicar ese problema, ese desajuste entre la teoría y los hechos. El planteamiento de la hipótesis es un momento fundamental en la aplicación del método hipotético-deductivo, pero es un momento revisable. Si la hipótesis no obtiene los resultados deseados, si la explicación provisional que supone no logra demostrar que realmente es esa solución que se persigue, la hipótesis tendrá que abandonarse por otra.

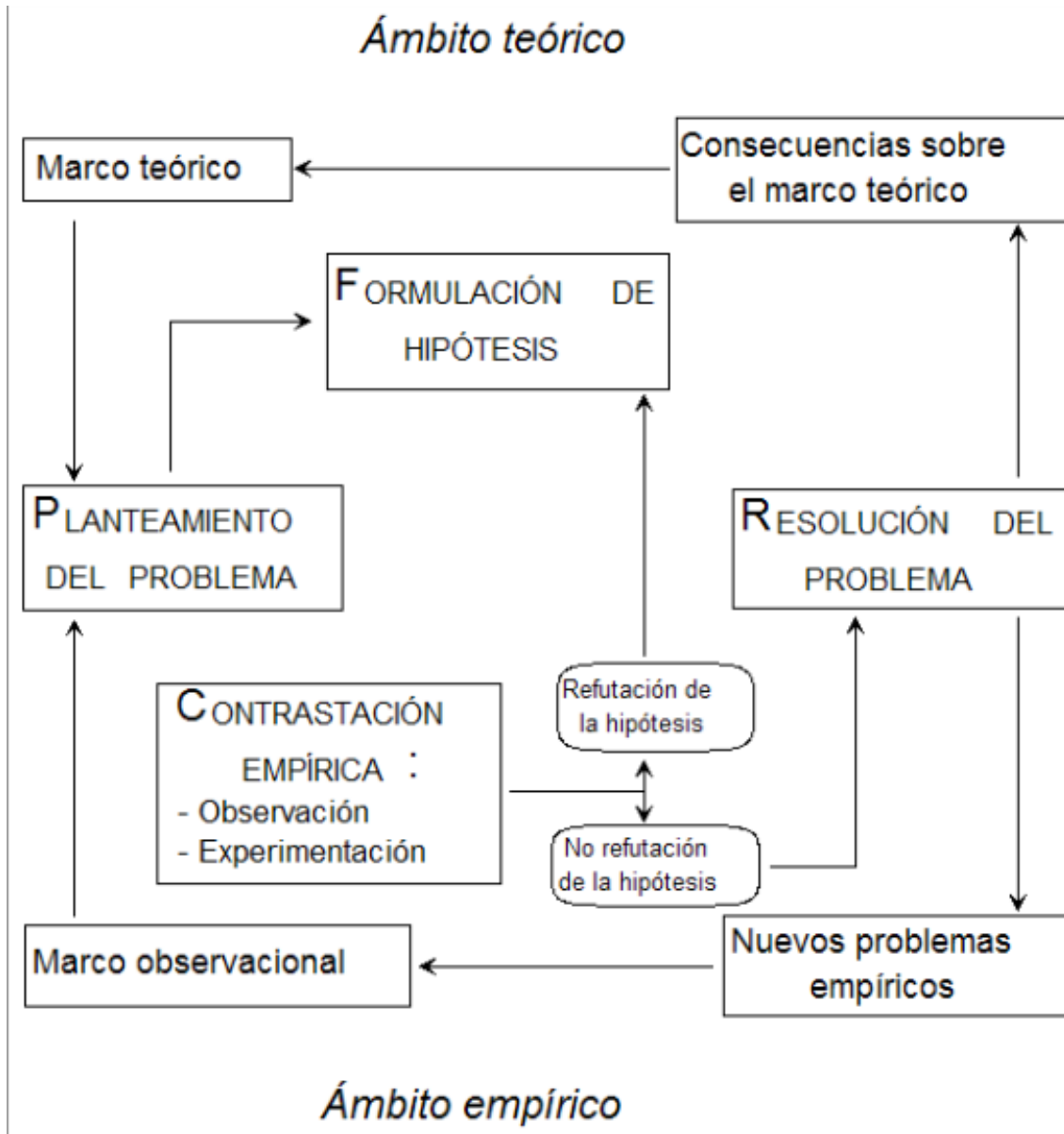
Después de propuesta la hipótesis, el método hipotético-deductivo implica pasar al terreno observacional y proceder a la contrastación empírica de su validez. De la hipótesis se deben poder deducir hechos. La contrastación empírica supone comprobar si esos hechos realmente suceden. Para ello hay que diseñar experimentos o proponer condiciones para la observación directa de los fenómenos que es legítimo deducir de la hipótesis que se quiere demostrar. Esa contrastación debe ser estricta: no se debe admitir como válido otro resultado que aquel que exactamente quepa deducir de la hipótesis. No serán válidos, y deberán ser rechazados, los resultados aproximados o parecidos.

Tras la contrastación empírica, la hipótesis se refutará o no. Una hipótesis es refutada si la contrastación empírica es negativa, si no se obtienen en la experimentación, o en la observación directa, los resultados que la hipótesis preveía. Una hipótesis no es refutada si logra superar la prueba de la contrastación y obtiene los resultados que se suponía que iba a obtener. Estos resultados marcan el destino de las hipótesis. La hipótesis refutada debe abandonarse. En este caso, el problema vuelve a su origen y se deberá proponer una nueva hipótesis que de comienzo a una nueva contrastación y, por lo tanto, a la posibilidad de una nueva refutación. Si la hipótesis no es refutada, entonces es que se ha encontrado la respuesta al problema planteado. La hipótesis deja de serlo y se convierte en solución del problema.

La solución de un problema tiene, en cualquier caso, repercusiones sobre esos dos marcos, el teórico y el observacional, por cuyo desacuerdo se había producido el problema. La nueva solución incrementará el marco teórico, lo modificará en alguna medida. Porque esa hipótesis ya confirmada no formaba parte de la teoría anterior. Si no fuera así no habría habido problema. La hipótesis, al resolver el conflicto, pasa a ocupar un lugar, antes inexistente, dentro de la teoría, cambiándola en alguna medida. Al mismo tiempo, incrementa el marco observacional, pues los hechos que antes resultaban problemáticos, y que desencadenaron el proceso, pasan ahora a formar parte del conjunto de fenómenos cuya observación es coherente con la teoría. De esta manera, los hechos explicados mediante la hipótesis confirmada serán tenidos en cuenta como fenómenos relevantes y con sentido. Dejarán de ser obviados como si fueran errores observacionales o datos absurdos.



El método hipotético-deductivo fue considerado como el método ejemplar de la ciencia. De hecho, las clases de ciencias suelen desarrollarse en dos ámbitos distintos: en el aula, o en el laboratorio. En el aula se enseña la teoría. En el laboratorio se ejercita su aplicación a los experimentos. La formación del científico, aunque no fomente el desarrollo de la imaginación científica, parece dar por supuesto que el método hipotético-deductivo será la herramienta que deba emplear en su futuro trabajo de laboratorio.



### 2.3 La aplicación del método

Un relato ejemplar de la aplicación del método hipotético-deductivo es el que hace Hempel de los descubrimientos del doctor Semmelweis, al comienzo de su obra *Filosofía de la ciencia natural* (1966).

Tras una breve indicación histórica, Hempel nos relata los pasos que se siguieron en la investigación de las causas de la fiebre puerperal. Fueron unas investigaciones llevadas a cabo, entre 1844 y 1848, en Viena, por el doctor de origen húngaro Semmelweis. El problema que este joven doctor se encontró cuando comenzó a ejercer en el Hospital Central de Viena era el siguiente: los datos de mortalidad por fiebre puerperal, o fiebre posparto, que se daban en las dos secciones en las que estaba dividido el servicio de maternidad eran muy

diferentes. Esa fiebre, unida a una infección generalizada, conducía a la muerte. Se ignoraba la causa de esta diferencia.

La explicación aceptada era que había una epidemia. Una combinación de razones *atmosférico-cósmico-telúricas* incidían sobre la primera sección del hospital. Semmelweis no la aceptó. Algunas mujeres que, retrasando el parto lo más posible, daban a luz durante su viaje hasta el hospital, no sufrían la fiebre. Aunque parieran en los alrededores. Una epidemia no podía afectar a un área tan limitada.

Propuso una explicación diferente: la causa estaba en el hacinamiento y en las condiciones higiénicas. Sin embargo, hubo de admitir que ésta no podía ser la razón. Las mujeres de Viena evitaban ser hospitalizadas en esa sección cuya mala fama era conocida. En realidad, la sección más sana tenía un hacinamiento mayor. Semmelweis aceptó ese fracaso y buscó otra solución.

Consiguió constituir una comisión que estudiara el problema. Se analizaron las diferencias entre ambas secciones. En la primera, los médicos daban clase a los futuros médicos. En la segunda, las comadronas enseñaban a las aprendices de comadronas. Se llegó a la conclusión de que eran las torpes maniobras de los estudiantes en prácticas la razón de esa diferencia. Se prohibieron las prácticas de los alumnos de la primera sección. Las cosas no mejoraron. Semmelweis ya lo suponía. Por muy torpes que fueran los alumnos, no asistían los partos. Y era en los partos donde, aunque fuera con mayor pericia, se efectuaban las maniobras más agresivas a las pacientes.

Semmelweis cambió la dirección de su investigación. Supuso que la causa de la enfermedad era de origen psicológico. Durante las ceremonias fúnebres, el cura atravesaba la primera sección, con toda su lúgubre parafernalia. Semmelweis supuso que esa impresión, unida al miedo que era lógico suponerles, debilitaba a las enfermas y favorecía la fiebre puerperal. Pidió al sacerdote que modificara su itinerario fúnebre. No obtuvo resultados.

Entonces consideró una diferencia que no había sido tenida en cuenta. La posición en la que estaban reclinadas las parturientas era diferente en las dos secciones. En la primera se las acostaba de lado. En la segunda, boca arriba. Se siguió el ejemplo de la segunda sección y se generalizó esa práctica. Las mujeres seguían muriendo en un número mucho mayor en la primera sección.

Ocurrió que, durante una autopsia, un alumno hizo un corte a un médico con su bisturí. El médico murió con síntomas parecidos a los de la fiebre que se investigaba. Semmelweis se apoyó en esa semejanza de los síntomas para suponer las mismas causas. Quizá había algo en los cadáveres que contaminaba a los vivos.

Podía ser que las mujeres que morían fueran contaminadas por materia de cadáveres. En la primera sección existía una sala de autopsia donde los médicos enseñaban anatomía a sus alumnos. Después de las disecciones pasaban visita a las parturientas. Esto no ocurría en la segunda sección. Quizá eran los propios médicos los que transmitían la enfermedad a las mujeres a través de la materia de los cadáveres que llevaban en sus manos e instrumentos. Semmelweis creyó estar cerca de la solución: era la materia cadavérica la que transmitía la fiebre. La solución era evitar que la materia cadavérica saliera de la sala de autopsias. Semmelweis propuso un severo régimen higiénico para todo el personal sanitario. Las fiebres remitieron. En la primera sección las muertes llegaron a ser menores que en la segunda.

Sin embargo, en cierta ocasión murieron las doce mujeres de la primera sección. No podía ser por el contagio de la materia cadavérica. Como la primera enferma a la que examinó tenía cáncer cervical, Semmelweis dedujo que había otra forma de contagio: por la materia pútrida. Amplió las medidas higiénicas. No sólo era necesario lavarse escrupulosamente al salir de la sala de autopsias. Había que hacerlo también entre paciente y paciente. Los resultados le dieron la razón. Semmelweis había descubierto la causa de la fiebre posparto y el modo de evitarla.

La ejemplaridad de este relato es doble: lo que cuenta sería un ejemplo de cómo es la investigación científica. Cómo nos lo cuenta es un ejemplo de la manera de entender la investigación científica desde la Concepción Heredada: descontextualizada, sin implicaciones sociales, por la mera aplicación de instrumentos conceptuales destilados, precisos.

#### 2.4 La problemática de los métodos científicos

El método hipotético-deductivo se presentó como el método propio de la ciencia. Relatos como el que hizo Hempel sobre las investigaciones del doctor Semmelweis favorecerían esa interpretación. Este relato parece mostrar, de hecho, cómo ocurren las cosas en la investigación científica. Así es, al menos, como el propio relato se presenta. Sin embargo, no hay que confundirlo con la realidad. Sólo es un relato y, como tal, transmite, junto a la información, los prejuicios de quien lo escribe. En este caso, los prejuicios sobre la potencia y la autonomía del método hipotético-deductivo.

Pese a su aparente claridad y a las ejemplificaciones históricas que se han publicado, el método hipotético-deductivo no puede considerarse como el método único de toda la ciencia. El esfuerzo que sigue la senda de Bacon o Descartes ha sido, en ese sentido, inútil.

La postura más extrema de rechazo a la capacidad no sólo de ese método, sino de cualquiera, se encuentra en la obra de Feyerabend. Éste autor discutió, en su obra, explícitamente titulada *Contra el método*, la existencia misma del método científico. Según él, no habría una forma racional y canónica, explicable y seguida por los científicos como una directriz, de desarrollar la práctica científica. Al contrario, la historia de la ciencia estaría llena de ejemplos de avances científicos producidos precisamente al saltar sobre las reglas establecidas para la obtención de resultados.

Feyerabend buscó argumentos a favor de su posición tanto en el estudio de la práctica real de la ciencia como en el análisis teórico de las ideas filosóficas sobre la ciencia.

Feyerabend considera que los humanos, a lo largo de la historia, han utilizado todo tipo de argumentos para intentar resolver y explicar sus problemas. Ese pasado, tan largo y repleto de elementos de diferente origen, constituye el suelo sobre el que se asientan las observaciones de los seres humanos. Para Feyerabend, los hechos a los que creemos asistir suponen, en realidad, formas de interpretación de la realidad de origen ancestral cuya elaboración hemos olvidado. Los confundimos con la realidad misma, sin interpretaciones teóricas de ningún tipo, porque no somos conscientes de los procesos conceptuales que implican. Este autor supone que los hechos son ya interpretaciones teóricas.

Feyerabend considera que las reglas metodológicas, las ideas sobre cómo debe ser el método científico, implican una traba para la libertad que la investigación científica necesita. Para él, las constricciones sobre los pasos que se deben seguir y sobre la necesidad de que las nuevas propuestas sean coherentes con las ya tomadas por verdaderas, son normas que no hablan de lo que realmente ha hecho la ciencia y, además, en caso de seguirse, favorecerían posturas conservadoras en el campo del conocimiento, impidiendo su libre desarrollo.

Sus posiciones se conocen con el nombre de *anarquismo epistemológico*. *Epistemológico*, porque se refiere al conocimiento riguroso. *Anarquismo* porque rechaza la idea de un poder superior al que los individuos deban plegarse, en este caso en el campo del saber. Esto no quiere decir que este autor defendiera el anarquismo en política, sino que consideraba que en el campo de la ciencia, la excesiva seriedad y el seguimiento de normas, conllevaba la esterilización de su creatividad explicativa intrínseca.

Otra posición crítica con la operatividad del método hipotético-deductivo es la que está presente en la postura conocida como *ciencia posnormal*. Este nombre tiene su origen en la nomenclatura de Kuhn. La ciencia normal sería la ciencia tal y como actualmente es entendida por la mayoría de los científicos. Funtowicz y Ravetz, principales autores del movimiento de la ciencia posnormal, no propondrían una revolución científica, que implicara

la ruptura radical de esa forma normal de entender la ciencia, sino la necesidad. de ir más allá de la ciencia normal, aceptando que ciertos problemas necesitan un tipo de ciencia diferente.

La ciencia posnormal considera que los seres humanos se enfrentan ahora a problemas radicalmente nuevos, básicamente los relacionados con el medio ambiente, cuya dimensión global exige un replanteamiento de los métodos científicos. La concepción tradicional de la ciencia supone la posibilidad de fragmentar la realidad y manipular en un laboratorio esos elementos aislados. Luego, las conclusiones que se obtengan del estudio de esas partes serán acopladas a la idea general sobre aquello de lo que esos elementos forman parte. Esa manera de entender la práctica científica es imposible en el caso de los problemas medioambientales. La experimentación no puede hacerse a escala planetaria.

En la ciencia normal lo que se hace es evitar las complicaciones, trabajando con incertidumbres limitadas, en lo posible dentro de una sola disciplina, en la que, supuestamente, se trabajaría sin implicaciones políticas. En la ciencia posnormal, por el contrario, se confrontarían diferentes puntos de vista, en temas de gran incertidumbre, dentro de un trabajo interdisciplinar que implica la interacción de cuestiones políticas.

La ciencia posnormal intentaría, al mismo tiempo, diseñar los instrumentos para conseguir una mejor información acerca de esos problemas irreductibles al laboratorio y justificar por qué el campo de las personas que deben implicarse en la resolución de esos problemas debe ser el más amplio posible. Las razones fundamentales serían dos: que estas cuestiones tienen, básicamente, una dimensión valorativa y que existe una gran incertidumbre sobre el resultado de esas valoraciones. Por eso debe haber *una comunidad extendida de evaluadores*. La mayoría de las personas deberían participar en la resolución de ese tipo de problemas. La ciencia posnormal implicaría, como parte de su forma de trabajo, de lo que llamaríamos su método, una amplia participación pública.

Estas críticas a la metodología hipotético-deductiva no quieren quitar valor a la ciencia. Sólo intentan, desde distintos puntos de vista, aclarar de qué manera procede o debería proceder el conocimiento científico. Con independencia de la posición que se adopte sobre el alcance o la limitación de los métodos científicos, hay ciertos rasgos que deben exigirse a una forma de razonar que quiera presentarse como científica. Su modo de proceder deberá ser lo más objetivo, lo más inteligible y lo más confrontable con la experiencia posible.

CIENCIA NORMAL	CIENCIA POSNORMAL
Trabajo en una sola disciplina	Trabajo interdisciplinar
Limitación de los puntos de vista	Confrontación de diferentes puntos de vista
Intento de reducir la incertidumbre	Aceptación de la incertidumbre
Intento de obviar las implicaciones políticas	Aceptación de las implicaciones políticas

#### DOCUMENTO 5: Alicia en el bosque del olvido

*Cuando Alicia entró en el Bosque del Olvido no lo olvidó todo, solamente ciertas cosas. A menudo olvidaba su nombre, y una de las cosas que más disposición tenía a olvidar era el día de la semana. Ahora bien, el León y el Unicornio visitaban frecuentemente el bosque. Los dos eran criaturas extrañas. El León mentía los lunes, martes y miércoles y decía la verdad los otros días de la semana. El Unicornio, por otra parte, mentía los jueves, viernes y sábados, pero decía la verdad los restantes días de la semana.*

*Un día Alicia se encontró con el León y el Unicornio que descansaban bajo un árbol. Ellos dijeron lo siguiente:*

*León: Ayer fue uno de los días en los que me tocaba mentir.*

Unicornio: Ayer fue también uno de los días en los que me tocaba mentir.

A partir de estos dos enunciados, Alicia (que era una chica muy lista) fue capaz de deducir el día de la semana. Qué día era este?

Raymond Smullyan: *El enigma de drácula y otros pasatiempos lógicos*, Cátedra. Madrid, 1978. 57,58

#### DOCUMENTO 6: El método cartesiano

*Había estudiado un poco, cuando era más joven, de entre las partes de la filosofía, la lógica, y de las matemáticas, el análisis de los geómetras y el álgebra, tres artes o ciencias que al parecer debían contribuir algo a mi propósito. Pero, al examinarlas atentamente, advertí con relación a la lógica que sus silogismos y la mayor parte de sus preceptos sirven más para explicar a otras cuestiones ya sabidas o incluso, como el arte de Lulio, para hablar sin juicio de las que se ignoran, que para investigar las que desconocemos. Y si bien contiene, en efecto, muchos preceptos que son buenos y verdaderos, hay sin embargo, mezclados con ellos, tantos otros perjudiciales o bien superfluos, que es casi tan difícil separarlos como sacar una Diana o una Minerva de un bloque de mármol en el que ni siquiera hay algo esbozado. En lo que concierne, por otra parte, al análisis de los antiguos y al álgebra de los modernos, además de que no se refieren sino a materias muy abstractas, que parecen carecer de todo uso, el primero está siempre circunscrito a la consideración de las figuras, que no permite ejercitar el entendimiento sin fatigar excesivamente la imaginación; y en la segunda, hay que sujetarse tanto a ciertas reglas y cifras, que se ha convertido en un arte confuso y oscuro, bueno para enredar el ingenio, en lugar de una ciencia que lo cultive. Tal fue la causa por la que pensé que había que buscar algún otro método que, reuniendo las ventajas de los otros tres, estuviera exento de defectos. Y como la multiplicidad de leyes a menudo sirve de excusa para los vicios, de tal forma que un Estado está mucho mejor regido cuando no existen más que unas pocas, pero muy estrictamente observadas, así también, en lugar de gran número de preceptos de los que la lógica está repleta, estimé que tendría suficiente con los cuatro siguientes, con tal de que tomase la firme y constante resolución de no dejar de observarlos ni una sola vez.*

*El primero consistía en no admitir jamás cosa alguna como verdadera sin haber conocido con evidencia que así era, es decir, evitar con sumo cuidado la precipitación y la prevención, y no admitir en mis juicios nada más que los que se presentase tan clara y distintamente a mi espíritu, que no tuviese motivo alguno para ponerlo en duda.*

*El segundo, en dividir cada una de las dificultades a examinar en tantas partes como fuera posible y necesario para su mejor solución.*

*El tercero, en conducir con orden mis pensamientos, empezando por los objetos más simples y más fáciles de conocer, para ascender poco a poco, gradualmente, hasta el conocimiento de los más complejos, y suponiendo incluso un orden entre aquellos que no se preceden naturalmente unos a otros.*

*Y el último, en hacer en todo enumeraciones tan completas y revisiones tan amplias, que llegase a estar seguro de no haber omitido nada.*

Descartes, R. (1637): *Discurso del método*, Tecnos, Madrid, 1987.

#### DOCUMENTO 7: Esquema del método hipotético-deductivo

ÁMBITO TEÓRICO	ÁMBITO EMPÍRICO	
----------------	-----------------	--

		Observación	Experimentación	explicativo
	1)			
	2)			
	3)			
	4)			
	5)			
	6)			

### 3. Tipos de ciencia

La ciencia es considerada la forma de conocimiento más rigurosa. Por su exactitud y su capacidad predictiva, sus juicios se reciben con enorme respeto. Es la más precisa explicación del funcionamiento del mundo que se ha tenido hasta la fecha. Además, los resultados de la ciencia han transformado el mundo. Se le reconoce, socialmente, una inmensa importancia práctica y cada persona sabe que puede tener una incidencia real en su vida particular. Pese a esta influencia palpable y este valor intelectual, los conocimientos científicos no se consideran un bagaje necesario para que una persona sea tomada por culta.

Este rasgo ha estado presente en nuestro mundo desde hace mucho tiempo. En la idea tradicional sobre la formación se dio la espalda al estudio de lo que fuera práctico o tuviera que ver con la naturaleza. El reparto social de la riqueza permitía sólo a unos pocos acceder a la educación, que era un rasgo diferenciador más de las personas socialmente privilegiadas. Esos pocos se distinguían de la inmensa mayoría inculta estudiando materias abstractas, sofisticadas y sin conexión directa con la organización del mundo. La educación estaba más centrada en el dominio de aquellas disciplinas que se consideraban reflejo de esa superioridad social que en el conocimiento de las leyes de la naturaleza. Precisamente, cuanto más alejadas de la aplicación, más valiosas podían ser consideradas las disciplinas. Porque esa indiferencia con respecto a la práctica podía exhibirse como el más claro reflejo de la aristocracia de quienes se ocupaban en ellas. Sólo podrían desentenderse de los aspectos prácticos de la realidad quienes tuvieran resueltos los aspectos materiales de la existencia. Sobre todo porque la producción en ese mundo se garantizaba, además, por la misma injusticia social que llevaba a las personas a ser pobres. Durante mucho tiempo el avance en el conocimiento práctico no era necesario. El reparto social de la riqueza se encargaba de que las pocas personas que podían impulsar la ciencia tuvieran tan bien resueltas sus necesidades prácticas que no necesitaran ocuparse de hacerlo.

Para la gente de ese último mundo antiguo, la erudición filológica, artística, literaria, el conocimiento de las lenguas muertas, de los pormenores de la historia y de la metafísica occidental eran rasgos sublimes de cultura. Pero a lo largo del siglo XX, cambiaron las condiciones de la vida. Y, sin embargo, el cambio en la consideración social de la formación científica no se produjo del mismo modo.

#### 3.1 Snow y las dos culturas

Mediado el siglo XX, C. P. Snow, consideraba que este era un problema central en la sociedad de su tiempo. Este físico y escritor habló de *las dos culturas*, en una famosa conferencia de 1954. Se refería a que la cultura se había escindido y ya no era una sola, como cabía esperar. Había una cultura literaria y una cultura científica. Y ambas se daban la espalda y se ignoraban.

Snow se extrañaba de que la palabra intelectual, cuyo prestigio era y sigue siendo enorme, se reservara en exclusiva para referirse a aquellas personas de una gran erudición literaria y política. Y que alguien pudiera ser considerado un intelectual pese a ignorarlo todo sobre física, biología o matemáticas.

A pesar de los cincuenta años que hace que Snow dejó por escrito su extrañeza, perviven muchos ejemplos de esa esquizofrenia a la que se refería. Uno cercano son los currículos educativos. En un determinado momento, que muchos desean lo más temprano posible, los alumnos optan por seguir estudios de *letras* o de *ciencias*. Esta separación se entiende como el reflejo de algún tipo particular de vocación e, incluso, como la expresión de rasgos de personalidad que se consideran innatos. Su existencia es vista como natural por la mayoría de las personas. De hecho, los intentos de incrementar el grado de formación científicotecnológica en la educación común a todos, han sido respondidos con dureza.

Como las materias de letras reciben el nombre de humanidades, su mengua en favor de los saberes tecnocientíficos se ha considerado como una muestra de deshumanización. Al identificar lo humano con lo que no es científico se comete un grave error. La ciencia es una construcción puramente humana y sus resultados expresan las limitaciones del conocimiento humano y reflejan también la influencia de muchos otros factores valorativos, políticos y estéticos absolutamente humanos. Distinguir entre ciencias y humanidades es un grave error conceptual cuyo origen está en las antiguas ideas sobre el conocimiento y cuyas consecuencias pueden condicionar el acceso de las futuras generaciones a una cultura integral.

Se sigue pensando que, en la formación individual, los conocimientos científicos son muy importantes pero no imprescindibles. Es común suponer que una preparación demasiado dirigida hacia la ciencia puede convertirse en un obstáculo para el desarrollo personal. Se llega, incluso, a temer que un peso excesivo de esa formación científica deshumanice a quienes la sigan. Y por eso no hay una verdadera separación entre las dos culturas. No existe una formación absolutamente científica. La preponderancia sigue correspondiendo a la llamada formación humanística. En el itinerario que debe seguir un científico en su educación, el peso de la otra cultura es muy superior al que se da en el caso contrario. En la formación de un historiador o de un filólogo las disciplinas científicas apenas existen.

Socialmente, se asume con naturalidad que quien tiene un título superior en materias de letras decline hacer una regla de tres o una división, por considerarlas tareas que no le corresponden. En absoluto existiría la misma condescendencia para un astrofísico que cometiera una falta de ortografía o reconociera no saber quien es Marcel Proust.

### 3.2 Windelband y las ciencias nomotéticas e idiográficas

Sin embargo, existen otras posturas que, sin caer en el absurdo de rechazar el papel de la ciencia, pueden servir para justificar en parte esta escisión. Windelband propuso una clasificación de las ciencias basada en cómo las ciencias razonan acerca de sus objetos. Distinguió dos tipos de ciencias: las *nomotéticas* y las *idiográficas*. Estos dos tipos de ciencia serían coherentes con dos formas de pensamiento. Habría un pensamiento nomotético y un pensamiento idiográfico y los distintos tipos de ciencia serían el reflejo del peso que en ellas tuvieran uno u otro.

El pensamiento nomotético es el que se refiere a leyes. Consiste en el conocimiento de las leyes que rigen los hechos, que, a efectos de la explicación, son considerados como iguales entre sí. El pensamiento idiográfico se refiere a los individuos. Los considera en su



particularidad, como imposibles de reducir a los otros. Así, serían ciencias nomotéticas las que se ocupan de la naturaleza y serían ciencias idiográficas las sociales. Esta clasificación, aunque se sitúa en el terreno de lo científico, hace hincapié en la distancia metodológica que existiría a la hora de tratar los contenidos de lo que Snow llamaba las dos culturas. El carácter intencional e irrepitable de las acciones humanas implicaría la necesidad de estudiarlas idiográficamente. Cada acción sería única. No se pueden reducir a una ley la toma de México por Hernán Cortés y la conquista de las Galias por Julio César. Son hechos singulares. Sin embargo la caída de los graves se repite con las mismas condiciones en cualquier tiempo y para cualquier sólido.

Hay que percatarse de que la clasificación de Windelband, aunque se basa en criterios metodológicos, finalmente parece remitir a objetos diferentes. A cada forma de conocimiento le corresponde, al fin, un objeto propio.

	Tipologías de ciencias		Ejemplos		
Ciencias puras	Ciencias formales		<i>Ciencias "duras"</i> Matemáticas Lógica	Snow	Windelband
	Ciencias empíricas	Ciencias naturales	Física Química Biología...	"Ciencias"	Ciencias nomotéticas
		Ciencias humanas	Antropología Psicología Sociología Historia <i>Ciencias "blandas"</i>	"Letras"	Ciencias idiográficas
Ciencias aplicadas	Aplicaciones tecnológicas de las ciencias puras a las necesidades sociales		Ingenierías Medicina Economía...		

### .3 Otras clasificaciones de las ciencias

Ajenas a la cuestión de las dos culturas, tradicionalmente, la mayoría de las clasificaciones de las ciencias las han ordenado por aquello de lo que se ocupan. Esta ordenación tendría la ventaja de ser coherente con el orden histórico de aparición de las ciencias. Las matemáticas habrían tenido un lugar propio, inalterado durante muchos siglos. La física habría sido la segunda ciencia que se independizó de la filosofía. A esta habrían seguido la biología, la química, etc. El sentido de esta clasificación radicaría en que cada una de estas ciencias se caracterizaría por la existencia de un objeto de estudio propio. Cada ciencia se ocuparía de algo en particular distinto de aquello de lo que se ocuparía otra ciencia. El problema de este tipo de clasificaciones radica en que las fronteras entre las disciplinas no están nada claras.

Los distintos objetos pueden sencillamente ser distintos puntos de vista. De hecho, esta forma de clasificar ha conducido a una gran proliferación del número de disciplinas científicas.

Otra clasificación que también atiende al objeto de las ciencias es la que distingue las ciencias formales de las ciencias materiales. Serían formales aquellas que se ocupan de la estructuras generales del conocimiento, de cómo debe ser el conocimiento. Dos ejemplos típicos serían las matemáticas y la lógica. Estos dos saberes estudian el orden de los razonamientos. Sus contenidos son la forma que deben tener las relaciones entre unos símbolos para satisfacer exigentes criterios de rigor. Estas ciencias no dicen nada acerca de nada del mundo. Hablan sobre cómo deben ser los razonamientos y las operaciones que se realicen a la hora de pensar sobre la realidad. Sin embargo, las ciencias materiales, todas las demás, tratan sobre realidades del mundo. Tienen un contenido que va más allá de la estructura de los razonamientos. Se ocupan de cómo funcionan los seres vivos, de qué reglas siguen las sustancias al combinarse, de cómo interactúan las partículas subatómicas... Las ciencias materiales nos informan acerca de cómo es la realidad.

Siguiendo esa idea de ciencias materiales con diferentes objetos, podrían distinguirse también las ciencias naturales y las ciencias sociales, que se ocuparían, respectivamente, de las realidades físicas (física, química, biología...) y humanas (sociología, economía, historia...). Esta clasificación reflejaría en parte las oposiciones denunciadas por Snow y los dos modos de investigación de los que hablaba Windelband. Su principal problema está en la difícil ubicación de disciplinas que, como la psicología o la antropología, ocupan los espacios fronterizos.

Dentro de las clasificaciones que se centran más en el modo en que razonan las ciencias que en el objeto del que tratan se ha intentado distinguir las ciencias según su grado de rigor. Esta forma de clasificar sería adecuada para justificar a quienes consideran que el problema de las dos culturas se resolvería con mucha más educación científica. Habría, según esta clasificación, ciencias duras y ciencia blandas. Serían ciencias duras las que impondrían un elevado nivel de exigencia a sus enunciados. Esto se dejaría de manifiesto por la capacidad de predicción de esa ciencia y por su carga matemática. Cuanto mayor rigor en sus predicciones y cuanto mayor sea el grado de matematización de una ciencia más dura será está. Un modelo tradicional de ciencia dura sería la física. Serían ciencias blandas, las que no pudieran cumplir con esos requisitos. Un caso típico, entre muchos posibles, sería la psicología.

En cualquier caso, la cuestión de la clasificación de las ciencias supone un eco de las cuestiones sobre lo que es la ciencia y sobre cómo funciona. Aunque para comprender bien estas dos cuestiones, gran parte de la respuesta se encuentra en el siguiente apartado: qué valor tiene la ciencia.

#### DOCUMENTO 8: El prestigio y la situación de las dos culturas

*Creo que la vida intelectual de la sociedad occidental, en su conjunto se está viendo cada vez más escindida en dos grupos polarmente opuestos. Y cuando digo vida intelectual, incluyo también una parte considerable de nuestra vida práctica, porque yo sería el último en aventurar que en un nivel más profundo sea posible diferenciarlas. Un poco más adelante volveré sobre el tema de la vida práctica. Dos grupos polarmente antitéticos: en un polo tenemos los intelectuales literarios, que sin saber por qué ni cuando han dado en referirse a sí mismos como intelectuales, como si no hubiera otros. Recuerdo que una vez, allá por los años treinta, G.H. Hardy decíame perplejo: se ha fijado usted cómo se emplea la palabra intelectual? Parece haberse impuesto una nueva definición que desde luego no incluye a Rutherford, ni a Eddington, ni a Dirac, ni a Adrian, ni a mí [todos ellos fueron famosos científicos]. Parece un poco extraño, no cree usted?*

*Los intelectuales literarios en un polo, y en el otro los científicos, y como más representativos, los físicos. Entre ambos polos, un abismo de incompreensión mutua; algunas veces (especialmente entre los jóvenes) hostilidad y desagrado, pero más que nada falta de entendimiento recíproco. Tienen una imagen singularmente deformada y falseada los unos de los otros. Tan diferentes son sus actividades que ni siquiera en el nivel afectivo aciertan a*

*encontrar mucho terreno común. Los no científicos tienden a pensar que los científicos son gente descomedida y jactanciosa. Oyen a T.S. Eliot, a quien podemos muy bien tomar como arquetipo para estas ilustraciones, afirmando, con respecto a sus tentativas de resucitar el teatro en verso, que podemos esperar muy poco, pero se daría por contento si él y sus colaboradores acertaran a preparar el terreno a un Kyd o un Greene. Tal es el tono, moderado y reprimido, con que los intelectuales se expresan en su mundo: es la voz con sordina de la cultura. Oyen luego otra voz mucho más fuerte, la de otra figura arquetípica, Rutherford, pregonando esténtorea: Es la edad heroica de la ciencia! La era isabelina! Muchos de nosotros hemos oído esta afirmación y numerosas más al lado de las cuales palidece la transcrita, y no nos ha quedado ninguna duda respecto a quien era el favorecido por Rutherford con el papel de Shakespeare. Lo que para los intelectuales literarios resulta muy arduo de entender, imaginativa o intelectualmente, es que Rutherford tenía toda la razón.*

Snow, C. P. (1954): *Las dos culturas y un segundo enfoque*, Alianza Editorial, Madrid, 1977, págs. 13 ss.

#### 4 El valor de la ciencia

Tradicionalmente se ha entendido que los científicos no hacen valoraciones. Esta idea es parte central de la Concepción Heredada. Los científicos no juzgarían las cosas, no dirían si son buenas o malas. Los valores estarían fuera de las competencias de la ciencia. Los científicos deberían ocuparse de los hechos. Y los hechos serían objetivos, independientes de ninguna valoración.

Según esta forma de pensar, la ciencia trataría de lo que las cosas son. No de lo que las cosas deberían ser. Describiría las cosas, no las juzgaría. Pronunciarse sobre lo que las cosas deberían ser implicaría entrar en el terreno de los valores. Ese campo parece abrir la puerta de la subjetividad. Cualquiera puede valorar, y valora. El científico, también. En esto, el científico sería uno más, sin la autoridad que tendría en su descripción del mundo. Al tratar sólo sobre los hechos, la ciencia mantendría su objetividad y su rigor.

Estas ideas tienen un lejanísimo origen que se puede remontar a los tiempos de Pitágoras. Según esta tradición, la razón humana es básicamente contemplativa: puede comprender el mundo sin involucrarse en él, asiste al mundo como a un enigma ajeno. Una interesante revisión de este punto de vista, con mucha influencia en la Concepción Heredada está en el pensamiento de Hume.

Este autor del siglo XVIII, separó radicalmente los campos de la razón y la acción. Lo que se piensa y lo que se hace no tienen ninguna relación ni influencia. Pensando no se llega a la acción. La acción no influye en el pensamiento. El pensamiento trataría sobre lo que es, sobre lo dado en la naturaleza. La acción se ocuparía sobre lo que debe ser, sobre lo valorado por el hombre. En el primer campo estaría la ciencia. En el segundo, la moral o la política. La clave de esa forma de pensar se encuentra en la idea de que la ciencia se ocupa de la naturaleza que es de una determinada manera y no de otra. Los valores nada van a modificar eso.

El ataque a esa concepción consiste en discutir que los hechos naturales sean tan objetivos como Hume creía. La clave está en la siguiente idea: los hechos están contruidos socialmente. En la medida en que esto es así, inevitablemente arrastran valores, como cualquier otra construcción social. En el mismo núcleo de los hechos radican los valores de las sociedades que los han construido. No hay para los humanos un ser separado del deber ser. En lo que se considera las cosas como son, osea los hechos invariables de la naturaleza, están impresas las valoraciones, variables, sociales sobre como deberían ser. Los valores se encuentran en el corazón de la ciencia y es imposible obviarlos.

El primer autor en desarrollar estas nuevas ideas sobre la construcción social de los hechos y, por lo tanto, de la importancia de los valores para la comprensión de la ciencia fue Ludwick Fleck, en 1935. En aquel momento, el neopositivismo estaba viviendo su esplendor y las ideas

de Fleck pasaron desapercibidas. Más tarde sería recuperado por Kuhn y así sus pensamientos llegarían a popularizarse. Hoy muchas personas que se ocupan de cuestiones relacionadas con el estatuto de la ciencia dan por sentado que los hechos son construcciones sociales. Curiosamente, algunos lo admiten como un hecho.

#### 4.1 Las ideas sobre los valores científicos de Merton

En los años en que Fleck escribía la obra que pasó tan desapercibida, el sociólogo del conocimiento norteamericano Merton ya trataba sobre las cuestiones valorativas en la ciencia, pero desde otro punto de vista.

Merton estudiaba las condiciones que hicieron posible el desarrollo de la ciencia en la Inglaterra del siglo XVII. Para explicarlo adopta una posición que combina internalismo y externalismo. Entre los factores externos que influyeron en ese auge de la ciencia, además de las circunstancias económicas y militares de la época, sitúa los valores morales del puritanismo propios de la Inglaterra de aquel tiempo. Esos valores morales consideraban positivo el desarrollo de las vocaciones científicas, el espíritu de investigación práctica de la ciencia y la búsqueda de leyes en la naturaleza.

El ejemplo histórico le conduce a desarrollar una teoría general sobre la importancia de los valores en la ciencia. El punto de partida se sitúa en el carácter institucional de la ciencia. La ciencia no es el agregado del trabajo de individuos aislados. La ciencia es una institución social. El trabajo de la ciencia se da en el seno de instituciones que suponen la implicación de múltiples personas y la pervivencia de la instancia en la cual desarrollan su trabajo. En el seno de esas instituciones, los científicos siguen un determinado sistema de valores. La socialización del científico consiste en el proceso por el que llega a asumirlos como suyos. No hacerlo es castigado.

Estos valores serían los siguientes: *comunismo, universalismo, desinterés y escepticismo organizado*.

El comunismo se refiere a que los descubrimientos científicos son éxitos de la comunidad científica, puesto que no se pueden producir sin la colaboración de la comunidad. Los conocimientos científicos pertenecen a toda la comunidad científica y no pueden ser apropiados por su descubridor, independientemente que este adjudique su nombre al descubrimiento. Lo contrario del comunismo sería el secreto.

El universalismo quiere decir que los descubrimientos científicos deben cumplir criterios de validez objetivos, idénticos para todos los miembros de la comunidad y en cualquier lugar o circunstancia. También implica que todas las personas capacitadas deben recibir la posibilidad de formar parte de la comunidad científica. Contrarios al universalismo serían el argumento de autoridad y el etnocentrismo. Es decir, no deben admitirse o rechazarse descubrimientos ni por el renombre de quien los formula ni por alguna característica sexual, racial o religiosa que tenga.

El desinterés sería el valor que consiste en que el científico debe perseguir, como premio a su trabajo, la satisfacción de sus aportaciones y el prestigio intelectual que de esa manera consiga.

El escepticismo se refiere a que el científico tiene la obligación de poner en cuestión las ideas, sin importarles que otras instituciones las consideren sagradas o intocables.

Merton considera que estos valores deben entenderse como preceptos. Los científicos deben seguir esos valores. No quiere decir que tengan la obligación de hacerlo. Pueden obviarlos. Sin embargo, su cumplimiento es lo que garantizaría el buen orden y el avance científico.

#### 4.2 Los cuatro contextos de la ciencia

La Concepción Heredada no admitía que los valores influyeran en la ciencia. La herramienta con la que conseguía dejar fuera del campo de lo científico a todo lo que tuviera que ver con sus implicaciones valorativas (sociales, históricas, psicológicas...) fue la distinción radical entre los contextos de justificación y descubrimiento. El contexto en el que la ciencia tiene que justificarse es el de la reconstrucción lógica de sus investigaciones. Al mostrar la lógica y la racionalidad de sus enunciados, la ciencia queda justificada. Todo lo demás no tiene importancia a la hora de explicar el carácter científico de una teoría. Lo otro pertenece al contexto de descubrimiento. En él se da cuenta de los elementos de subjetividad que intervinieron en el desarrollo histórico de las teorías. Pero todos esos factores valorativos no influyen en el carácter científico de la explicación que sólo debe justificarse por su racionalidad lógica.

Los esfuerzos de Merton para explicar en qué sentido los valores influyen en la práctica científica son insuficientes. Merton habla de los valores científicos como de normas que la propia comunidad de científicos se da a sí misma, sin relación con el entorno social. Esos valores de Merton son el reflejo, en la moral, de las superiores cualidades que en el uso de la forma de razonar se reconocería a los científicos. Como en el campo de la racionalidad, también en el caso de la moral los científicos serían superiores. En el primer caso, la clave estaría en el uso de un método especial. En el segundo, en el seguimiento de unos determinados valores prescriptivos. La preponderancia de la ciencia se justificaría intelectual y valorativamente. Pero no se explicarían las relaciones de la sociedad con la ciencia.

Javier Echevarría considera que la tajante y excluyente distinción entre los contextos de justificación y descubrimiento impide comprender el peso real de los valores en la práctica de la ciencia. Propone otra forma de entender las relaciones de la ciencia con el mundo. Lo primero es aceptar que es mejor referirse a la *tecnociencia*. La ciencia no es una entidad aislada de sus aplicaciones técnicas. La investigación y la transformación están íntimamente implicadas. Forman, hoy, una realidad indisoluble. Además, hay que aceptar el peso de todos los campos y todas las maneras en las que la sociedad media en la práctica de la ciencia. Para conseguir esos objetivos, haría falta fijarse en cuatro contextos, mutuamente interdependientes: los contextos de *innovación, valoración, aplicación y educación*.

Para Echevarría la ciencia no consiste sólo en los descubrimientos y en las justificaciones. Incluso esas dos actividades, para ser comprendidas en la actual complejidad tecnocientífica, deben entenderse dentro de los contextos más amplios de innovación y valoración. Hay que considerar, por otro lado, que la educación de los futuros científicos, e incluso la educación científica de la sociedad en general, forman parte de la ciencia y la condicionan. Y lo mismo ocurre con el campo de la aplicación de las innovaciones que la ciencia produce.

La innovación tecnocientífica supone tanto los descubrimientos como las invenciones. Los descubrimientos se referirían a hechos y las innovaciones a herramientas o artilugios. Una partícula subatómica sería un descubrimiento. Un programa informático sería una innovación. El lugar propio de la innovación serían los laboratorios. Y la mediación social, con su carga de valores, se produce en este contexto porque el campo de estudio, y en ese sentido la idea misma sobre qué es la realidad, en la que ingenieros y científicos se sitúan están preconstruidos socialmente, son artificiales. El médico chino asume su medicina como el médico occidental la suya. Con todo lo que cada una implica. La manera de estudiar la realidad y el tipo de problemas a los que la tecnociencia debe enfrentarse es la sociedad quien los marca.

Los hechos y las herramientas fruto de la innovación no constituyen el fruto de la tecnociencia. Para llegar a serlo deben ser evaluados. La tecnociencia tiene un contexto de valoración. La aceptación de nuevos hechos y teorías, pero también de nuevos objetos y herramientas está mediatizada socialmente. La validez o la invalidez de las innovaciones surge de la contrastación con los agentes sociales, cuyos valores pueden ser muy distintos y cambiantes. Es la sociedad la que valora las innovaciones. Se evalúan los hechos y las teorías mediante los congresos de especialistas de las distintas disciplinas, las sociedades científicas, las revistas especializadas... Se evalúan las herramientas como prototipos, maquetas, diseños o simulaciones. El lugar ejemplar en el que la valoración se lleva a cabo es la sala de

congresos. Y, el fruto del congreso, su resultado final, está condicionado por múltiples factores no intelectuales. La retórica de los participantes, las relaciones de poder entre ellos, el prestigio o el desprestigio de cada cual, sus necesidades e intereses tienen su papel en el contexto de valoración.

En el actual estado de la tecnociencia la valoración no agota el proceso de creación de hechos o teorías. Su aplicación es un factor fundamental: Echeverría considera que la aplicación se constituye como un contexto propio. Se trata de decidir sobre la aplicación de los artefactos científico-tecnológicos. En este contexto los actores fundamentales son las entidades públicas y privadas capaces de aplicar una innovación. Desde ejércitos a escuderías de fórmula uno. Para que la aplicación sea efectiva, entran en consideración cuestiones como la funcionalidad, la rentabilidad o la capacidad transformadora de ese nuevo artefacto. Cuestiones valorativas. Los espacios propios de las decisiones sobre la aplicación son los despachos y las salas de reuniones.

Un último contexto sería el educativo. Las aplicaciones prácticas de la tecnociencia necesitan de un público lo suficientemente educado como para aceptarlas y aprovecharlas. Para eso es necesario haber creado, educativamente, una imagen social de la ciencia. Las revistas de divulgación, los documentales de televisión, los anuncios y las películas actúan en ese sentido. Pero no es sólo eso. La sociedad tecnocientífica necesita de nuevos científicos e ingenieros que acepten las ideas y los valores que esa sociedad tiene sobre la tecnociencia. Para conseguirlo existen los sistemas educativos. El aula sería el espacio ejemplar en el cual se delimitan los conocimientos y las habilidades que la sociedad espera del futuro científico. Un espacio donde, normalmente, los valores que se transmiten tratan de hacerse invisibles, donde, ignorantes de estas ideas, se intenta inculcar un orden moral bajo la apariencia de verdad objetiva.

Estos contextos no son excluyentes. Todos interactúan. Un único ejemplo: sólo los estudiantes educados en la innovación podrán ser científicos innovadores.

	EJEMPLOS	MEDIACIÓN SOCIAL	ESPACIOS	FUNCIÓN
<b>INNOVACIÓN</b> DESCUBRIMIENTO  +  <b>INVENCION</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• "Descubrimiento" de nuevos hechos.</li> <li>• Invención de nuevas herramientas: bombilla, teléfono, software...</li> </ul>	La sociedad <b>preconstruye</b> el campo de la realidad.	Laboratorio	Producir descubrimientos e invenciones.
<b>VALORACIÓN</b> JUSTIFICACIÓN  +  <b>EVALUACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Congresos, sociedades científicas, revistas</li> <li>• Prototipos, maquetas, diseños, simulaciones</li> </ul>	La sociedad <b>valora</b> la innovación	Sala de congresos	Valorar descubrimientos e innovaciones
<b>APLICACIÓN</b> TRANSFORMACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entidades públicas</li> <li>• Entidades privadas.</li> </ul>	La sociedad <b>decide aplicar</b> la innovación.	Despachos, oficinas, salas de reuniones	Lograr la aplicación de los artefactos científico-técnicos.

EDUCACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema educativo (planes de estudio).</li> <li>• Revistas, vídeos, radio, T.V...</li> </ul>	La sociedad <b>delimita</b> los conocimientos y las habilidades básicas de los futuros científicos.	Aula	Crear una imagen social de la ciencia.
FORMACIÓN				
+ DIVULGACIÓN				

### 4.3 La verdadera historia del doctor Semmelweis

Según la narración clásica sobre las investigaciones del doctor de origen húngaro Ignaz Semmelweis, tras una serie de metódicas investigaciones en la primera sección de obstetricia del hospital central de Viena, éste alcanzó la solución al problema de las fiebres posparto durante el año 1848. A partir de entonces, y gracias a esa investigación científica, la humanidad sería consciente de que la materia cadavérica y la materia pútrida eran las trasmisoras de la fiebre y de que la higiene era la solución para esa enfermedad. Sin embargo, las cosas no ocurrieron así. El propio Semmelweis dejó un relato muy distinto de lo que pasó.

Desde que Semmelweis descubrió la causa de la fiebre puerperal hasta que se aceptó su descubrimiento pasaron más de treinta años. Las razones de ese largo retraso son muy variadas e ilustran la variedad de elementos valorativos que intervienen en la elaboración y aceptación de las innovaciones tecnocientíficas. Influyeron injusticias sociales, circunstancias políticas, factores nacionalistas, envidias personales, incomodidades laborales, dificultades expresivas, trabas a la investigación, rivalidades teóricas, y prejuicios sobre la autoridad académica de unos y otros. Cuestiones que, en si mismas, no tenían nada que ver con la fiebre puerperal.

El contexto histórico y social en el que sucedieron las cosas era el siguiente: El año 1848 fue un año revolucionario en Europa. El imperio austrohúngaro sufrió graves tendencias separatistas. Muchos húngaros querían independizarse del poder de Viena. Semmelweis era de origen húngaro y trabajaba en Viena. Por otra parte, en la Viena de mediados del siglo, las mujeres de buena familia parían en sus casas. El hospital Central asistía, básicamente, a mujeres de condición humilde y a madres que tenían sus hijos al margen de las severas reglas sociales de la época. Aquellas mujeres no contaban con una excesiva estima social ni, por supuesto, con ningún poder.

Es cierto que Semmelweis realizó su descubrimiento en 1848. Con su medida higienista consigue, de hecho, que la incidencia de la fiebre sea inferior a la de la segunda sección. Pero Semmelweis, que es un pésimo escritor, no lo divulga. Se lo comunica a sus antiguos profesores, uno de los cuales lo publica en una revista importantísima. Las ideas no tienen eco, son demasiado distintas a lo que los tocólogos habían estudiado y a lo que enseñan en la universidad. Las ideas de Semmelweis no son tenidas en cuenta. Sólo un médico las toma en cuenta. Nadie le escucha.

Ante esa reacción, otro de los antiguos profesores de Semmelweis consigue que una comisión de la Universidad se decida a estudiar sus investigaciones. Pero estalla la revolución. El jefe de Semmelweis le acusa de prohúngaro y no le renueva el contrato. No se sabe si lo hizo molesto por las incomodidades de un empleado tan preocupado que había conseguido incomodar a muchos compañeros con sus medidas de profilaxis o envidioso de su éxito inminente. Lo cierto es que, cuando Semmelweis, le pide las historias clínicas para justificar sus investigaciones, se las niega. Todo su trabajo debe reiniciarse de nuevo. Pero no tiene donde.

Mientras su sustituto ridiculiza sus ideas, en el nuevo trabajo que consigue, casi un año después, no le permiten hacer demostraciones de sus teorías con mujeres vivas. Sólo le permiten hacerlo con muñecos desmontables. Se vuelve a Hungría y consigue un nuevo



empleo en un hospital donde no se respeta ninguna de las normas higiénicas que él sabe que pueden salvar muchas vidas. Reinicia su trabajo y consigue descubrir que también la suciedad de las sábanas puede ser motivo de contagio.

En 1860 se decide a escribir sus ideas. Es un texto muy mal escrito pero logra que un profesor de Heidelberg defienda sus ideas en el congreso de médicos y biólogos alemanes del año siguiente. Pero en el segundo tercio del siglo XIX, una de las corrientes con más relevancia en el campo de la medicina era la que se basaba en el concepto de célula que Virchow había desarrollado. Las ideas de Semmelweis no casan con esta interpretación. Son rechazadas.

Semmelweis desesperado, escribe personalmente a los principales médicos de la época acusándoles de todas las muertes por sepsis generalizadas que las fiebres causan. Por supuesto, su tono no gusta a nadie. Es descalificado como un loco.

Y, desde entonces, incapaz de asumir que sus ideas, tan válidas, no sean aceptadas, le dan crisis de llanto y, por la calle, se abalanza sobre las parejas para rogarles que, llegado el parto, exijan a sus comadronas que usen las medidas higiénicas que él sabe eficaces. Cuando al fin le internan en un psiquiátrico, curiosamente él mismo ya estaba infectado, al haberse hecho un pequeño corte en una operación. Murió poco después de la misma enfermedad que había descubierto como evitar.

La innovación de Semmelweis no supo abrirse paso entre las revistas, no fue valorada por los congresos, no llegó a las universidades. Fue negativamente valorada. Durante treinta años, nadie tomó la decisión de aplicar las medidas que él proponía. Los que podían hacerlo encontraban que esas ideas eran demasiado distintas de aquellas en las que ellos mismos se habían educado y con las que seguían educando a los futuros médicos. El verdadero caso del doctor Semmelweis no es, en absoluto, una mera cuestión de aplicación del método hipotético-deductivo. Está todo él impregnado de valores. Es un compendio de contextos que se influyen.

#### DOCUMENTO 9: Lo que es un científico

*CIENTÍFICO. Término introducido por el educador, filósofo y cultivador de diversas ciencias William Whewell (1794-1866), en su obra The Philosophy of the Inductive Sciences (1840). El momento en el que Whewell, al que el filósofo Karl Popper resucitaría de un injusto olvido más de un siglo después, introdujo este nombre es significativo: aunque todavía un tanto tibiamente, ya estaba en marcha la profesionalización de la actividad científica, una de cuyas consecuencias fue la especialización, el centrarse en un área determinada de una disciplina científica concreta, una tendencia que no ha hecho sino crecer desde entonces, hasta llegar la momento actual en el que de manera sin duda exagerada alguien ha caracterizado al científico como aquel que sabe todo de nada, frente al filósofo que sabe nada de todo. Fue durante el siglo XIX cuando la expresión "filósofo de la naturaleza" se hizo cada vez menos apropiada para referirse al "hombre de ciencia" (y perdonen mis lectores el que recurra al género masculino; lo hago, consciente aunque dolorosamente también, porque tal era la expresión comúnmente empleada entonces, en un época en la que la ciencia estaba prácticamente vetada a las mujeres). La filosofía y la ciencia eran ya, claramente, actividades distintas, y además se hacía necesaria una expresión que englobase dentro de un mismo grupo a especialistas en, por ejemplo, matemáticas, física, química, geología; esto es, a matemáticos, físicos, químicos o geólogos.*

*Pero en aquel tiempo, ya lejano, había pocos científicos, y la mayoría de ellos (ciertamente Boyle) se dedicaban a la ciencia porque gozaban de una posición social y recursos económicos tales que no tenían que trabajar para ganarse la vida (y, además, tampoco todo era de color de rosa, ni mucho menos). Hace mucho que esta situación ha cambiado (y nos debemos, por supuesto, alegrar de ello; de que el acceso a la investigación científica no sea exclusivo de unos pocos privilegiados). La ciencia es ya una profesión y los científicos, unos trabajadores, acaso con un cierto prestigio (no está claro que sea mayor que el que rodea a, por ejemplo, los banqueros, los arquitectos o los abogados), pero con problemas, percepciones y deseos parecidos a los de otros profesionales. El sociólogo Derek J. De la Solla Price señaló hace ya*

*bastantes años que el crecimiento exponencial del número de científicos significa que en la actualidad viven alrededor del noventa por ciento de los científicos que han vivido jamás. (Se puede argumentar que este fenómeno ha ocurrido también en el pasado, pero la propia exponencialidad de la ley, junto al crecimiento de la población mundial, hace que las magnitudes sean cada vez más aparatosas, lo que introduce una diferencia cuantitativa - y a la postre cualitativa también - significativa con épocas anteriores). Por este motivo, además de por la progresiva uniformización de intereses, gustos y valores que introduce en el mundo la difusión de las comunicaciones, los valores morales (en un sentido amplio) que comparten los científicos contemporáneos, no se distinguen apenas de los de otros colectivos. De hecho, la enorme, cruel y difícilmente evitable competencia que existe en la ciencia actual no hace sino empeorar las cosas, desde el punto de vista del desprendimiento y participación en el espíritu que se suponía caracterizaba tradicionalmente a la ciencia.*

*Los conflictos de intereses a los que me acabo de referir pueden, en efecto, conducir a situaciones ante las cuales los científicos se vean obligados a adoptar modos de actuación que difieren de los aceptados tradicionalmente. La libertad que científicos universitarios con contratos industriales poseen para informar de sus resultados puede verse seriamente limitada, en tanto que tienen que cumplir con los lógicos intereses de la compañía que los apoya. El mismo procedimiento de evaluación por pares, un mecanismo absolutamente esencial para el funcionamiento de la investigación científica actual puede verse - lo está siendo - afectado. Aquellos que evalúan la solicitud de ayudas, de las que germinan ideas innovadoras, están ligados por un código ético. Se espera de los evaluadores que protejan ideas todavía no publicadas que se mencionan en las solicitudes de ayudas. Pero muchos evaluadores tienen en la actualidad fuertes vínculos comerciales. En consecuencia, existen incentivos para romper estas normas y encauzar ideas innovadoras contenidas en las solicitudes al sector comercial.*

*De hecho, algunos de estos riesgos se encuentran mucho más cerca de lo que podría pensarse. Un debate en curso en el ámbito de la ingeniería genética e inmunología, es el de la disponibilidad de los denominados ratones Knockout - ratones de los que se ha eliminado un gen específico -. Sucede que ciertos científicos, entre los que se encuentran algunos de los más distinguidos, hacen todo lo posible por obstaculizar a sus colegas el acceso a estos animales tratados genéticamente. Es evidente que en el muy competitivo universo de la investigación genética no faltan buenas razones para comprender semejante comportamiento (obtener una estirpe de este tipo de ratones es muy complicado); más aún si los científicos en cuestión tienen conexiones con la industria. Pero si tenemos en cuenta que estos animalitos son instrumentos preciosos para los inmunólogos, investigadores del cáncer y genetistas, y que de los resultados de estas disciplinas puede depender el bienestar futuro de millones de seres humanos, entonces resulta más difícil aceptar tales comportamientos, que benefician a algunos, pero dificultan las investigaciones de muchos otros.*

*Éstas son algunas características de la ciencia actual que intervienen en los comportamientos que los científicos deben adoptar. Nos pueden gustar o no; en este último caso, en ciertas situaciones podremos introducir condicionantes que aminoren algunas, al menos, de las situaciones que entendemos como nocivas, pero en otros casos probablemente nos será imposible. Hemos construido - y por el momento preferido - un mundo, político y económico que lleva asociados una serie de comportamientos de organizaciones, de estructuras, que penetran en todos los recovecos de nuestras sociedades, de nuestras vidas, de todo aquello que hemos inventado y que nos enorgullecemos de llamar nuestro. Como la ciencia. Por qué iba a estar al margen de nuestros modelos políticos, de nuestras ideologías económicas; incluso de nuestras modas, de nuestras filias o de nuestras fobias? Por qué nos deleitamos en denominarla una actividad racional? Es que no es racional el que nuestros modelos sociales afecten a nuestros modos de comportamiento?*

*J. M. Sánchez Ron: Diccionario de la ciencia. Editorial Planeta, Barcelona 1996. 62-68*

#### **DOCUMENTO 10: La responsabilidad del científico y la responsabilidad del herrero**

*Supongamos en primer lugar que un afamado herrero fabrica buenos cuchillos para carniceros. La tradición familiar, su profesionalidad y espíritu de superación le han llevado a*

*producir unas herramientas casi perfectas. Son herramientas bien templadas y prestas a cortar con precisión músculos y cartilagos con el mínimo esfuerzo. Supongamos ahora que un delincuente se hace con uno de tales útiles y comete con él una de esas horripilantes fecharías que estremecen a la comunidad entera. Está claro que la policía, la justicia y el resto de la sociedad concentrará su interés y preocupación en el delincuente, en su historia, su psicología y sus relaciones con el prójimo. El arma del crimen, debidamente etiquetada, no será más que una prueba en el proceso judicial. Nadie se volverá hacia el herrero para pedirle explicaciones o responsabilidades. Supongamos ahora otro caso: un biólogo molecular desarrolla una depurada técnica para manipular genéticamente tomates convencionales y conseguir así tomates perfectamente cúbicos. La sociedad celebra el invento porque supone una gran ventaja a la hora de embalar los frutos para su transporte. Pero sigamos. Supongamos también que esa misma técnica permite que un desalmado manipule seres humanos y consiga inventar otra especie de humanoide, digamos, por ejemplo, un homínido de proporciones muy pequeñas (de un kilo de peso individual), laborioso, resistente, semiinteligente y manso. Un esclavo perfecto. Las consecuencias del engendro de origen humano son imprevisibles, pero, en este caso, la mayor parte de la sociedad se volverá, horrorizada, hacia el biólogo de los tomates cúbicos.*

*Estamos ante el problema central de la ética en la ciencia y tecnología. Qué es lo común entre ambos casos? Por qué nadie plantea siquiera la responsabilidad del herrero? Por qué todos cuestionan la del biólogo? Es inocente el herrero y culpable el biólogo? Son inocentes los dos? Será que ambos casos no son comparables? Por qué no lo son? Es la investigación totalmente libre? Será que los investigadores son siempre inocentes y que los aplicadores de tales investigaciones son los únicos que pueden ser culpables? Será que no pueden dictarse normas morales generales y que cada caso, como el del herrero y el del biólogo, deben resolverse con una especie de sentido común particular?*

*El problema es cada día más importante en una sociedad cada día más dependiente de la ciencia y la técnica (si en verdad existe alguna diferencia fundamental entre ambas, y creo que no) y en una sociedad que pretende avanzar cada día en su autogestión democrática. La cuestión parece compleja y confusa, pero, y a ello voy a dedicar estas breves líneas, a lo mejor resulta ser de una sencillez casi brutal. Veamos lo que la fábula del herrero y del biólogo da de sí.*

*La clave está, creo, en que ambos casos son más que comparables. De hecho sólo existe una diferencia fundamental entre ellos. Y en el análisis de tal diferencia está la solución. Por qué tendemos a considerar inocente al herrero? Sólo por una razón. Todos conocemos y aceptamos el peligro de que el cuchillo de carnicero llegue a tener un mal uso. Es un riesgo perfectamente evaluado y asumido por la sociedad entera. Y, como lo asumirnos todos, el herrero es tan inocente y tan culpable como cualquier otro ciudadano. En otras palabras, el herrero comparte su presupuesto de riesgos y beneficios. Por qué tendemos a considerar responsable al biólogo? Porque ese presupuesto no se comparte. Atención, no se trata de que el riesgo no esté claro (podría no estarlo, podría ser incluso difícil de evaluar), pero esa falta de claridad, el riesgo del riesgo, es justamente lo que hay que conseguir compartir. Si el biólogo hiciera tomates cúbicos compartiendo el riesgo de sus trabajos con la sociedad entera, entonces su caso no se distinguiría en nada del caso del buen herrero. Y ahora la clave de la clave. Por qué no se comparte el riesgo? He aquí algunas razones, sólo dos, por las que tal clase de riesgos no se comparte:*

*Primera: Para que dos entes compartan algo, en principio debe poseerlo uno de ellos. Y, en general (y aunque la situación ya ha empezado a invertirse), el científico no suele detenerse a evaluar los riesgos de las consecuencias de lo que produce. En otras palabras, la comunidad científica genera muy poca opinión científica. Y si la comunidad científica no la genera (no tiene costumbre de debatir dentro de la propia comunidad científica este tipo de temas), entonces difícilmente se generará opinión científica en la sociedad. Compárese por ejemplo el volumen de opinión científica con el volumen de opinión política, económica, artística y, sobre todo, deportiva! que manejamos cada día. Recuérdese el desconcierto cósmico de los legisladores a la hora de tratar temas sobre la vida humana (aborto, eutanasia... qué es la vida?), sobre el medio ambiente (calidad del agua, del aire, basuras... dónde están los*

*límites?) o la energía (centrales nucleares, pantanos... cuáles son los riesgos?). Está claro que la creación de opinión científica entre científicos todavía necesita estímulos.*

*Segunda: Un sentimiento común dentro y fuera de la comunidad científica podría expresarse más o menos así: El hombre de la calle, pobre hombre, no está preparado para seguir los complicados argumentos de un especialista. Su opinión, por tanto, jamás tendrá el mismo valor. Por lo tanto, no queda más remedio que confiar en los científicos. Que inventen ellos, que ellos sean los responsables.*

*Falso. Una buena hipótesis de trabajo es:*

*Todo (absolutamente todo) lo científico es transmisible y comprensible.*

*Las hipótesis de trabajo son principios y como tales no son verdaderas ni falsas. Funcionan o no funcionan. La mencionada hipótesis se asume, por ejemplo, en los modernos museos de ciencia. Hay que admitir que en ciencia funciona mejor que en otras formas de conocimiento, como en el caso del conocimiento político, económico, artístico o místico. Pero entre asumir la hipótesis o rechazarla, mejor asumirla. El conocimiento, cualquiera que sea su forma, no es una riqueza aplazable a ninguna otra. El conocimiento es, literalmente, materia de subsistencia, no menos, por ejemplo, que la mismísima salud.*

*El pensamiento es libre, libérrimo, y ello afortunadamente para el concepto idea. Y la prueba está en que, de momento y en condiciones normales, no se puede pinchar un cerebro como se pincha un teléfono. En el mundo de las ideas todo es posible y, por lo tanto, todo está permitido. Pero cuando uno pasa del mundo de las ideas al mundo de los objetos, cuando uno altera la realidad, cuando uno experimenta, entonces uno se encuentra con que en esa realidad preexisten otras libertades que en muchos casos pagan, gozan y sufren tales experiencias. En ese mundo no todo es posible. Ese mundo tiene sus ligaduras. Son las limitaciones del progreso, es decir, las limitaciones que hacen que el progreso sea posible. Y ésta es la conclusión:*

*La comprensión pública de la ciencia no es ni un gramo menos trascendente que la comprensión que de la ciencia tienen los científicos.*

*Éste es, sin duda, el pilar central de la llamada ética científica.*

*Wagensberg, J.: Ideas para la imaginación impura, ed Tusquets, Barcelona, 1999, págs 45-48*

## Bibliografía

- Chalmers, A. F. (1976): *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, Siglo XXI, Madrid, 1993.

Una explicación clara y amena de las principales posturas en Filosofía de la Ciencia del siglo XX. El autor expone y discute los argumentos de las principales corrientes y realiza su propia propuesta.

- Kuhn, T.S. (1962): *La estructura de las revoluciones científicas*, Madrid, Fondo de Cultura Económica, 1975.

El libro que inició la transformación en el auge de las perspectivas externalistas en la explicación de la ciencia. Expone sus teorías con gran abundancia de ejemplos históricos. Dedicó capítulos breves a la exposición de los principales conceptos de su propuesta. Un libro muchas veces reeditado.

- García Barrena, P. (director): *La ciencia en tus manos*, Madrid, Espasa, 2001.

Una vastísima obra que trata de presentar una exposición sobre el estado actual del conocimiento científico. En veintiocho artículos escritos por diferentes especialistas se repasan los seis grandes campos en los que se divide el libro. La variedad de autores, implica variedad de enfoques, pero abundan los que, además de completos son críticos. Un libro interesante como consulta

- Sánchez Ron, J.M.: *Diccionario de la ciencia*. Barcelona, Planeta, 1996.

A pesar de su nombre es un libro para leer entero. Se trata de un diccionario de autor, en el cual Sánchez Ron, al hilo, muchas veces sorprendente, de expresiones cuya relación con la ciencia se antoja imposible, va exponiendo su idea sobre lo que es la ciencia y sobre lo que es lo más importante en ella. Por supuesto, también puede leerse por partes, como si cada voz del diccionario fuera un artículo aislado.

- Wagensberg J.: *Ideas para la imaginación impura*, Barcelona, Tusquets, 1998.

Como dice el subtítulo, se trata de 53 reflexiones, originalmente publicadas en prensa y que el autor, director del museo de la Ciencia de Barcelona, ha contextualizado para su publicación. Se trata de una colección de artículos breves, ágiles y sorprendentes, pensados con el fin de fomentar el interés por la ciencia.

- ECHEVERRÍA, J.: *Filosofía de la ciencia*, Madrid, Akal, 1995.

Una rápida revisión crítica de la filosofía de la ciencia anterior conduce a su autor a la exposición de sus propuestas sobre el nuevo papel de la sociedad en la práctica de la ciencia, el peso de los valores en ella y el papel que le corresponde al concepto de ley científica en ese contexto. La obra exige una lectura completa.