

Primera parte

NECESIDAD Y CARÁCTER DE LA CIENCIA

I. Introducción

Este libro intenta describir e interpretar las relaciones existentes entre el desarrollo de la ciencia y el de los restantes aspectos de la historia humana. Su objetivo último es conducirnos a una comprensión de algunos de los problemas más importantes suscitados por el impacto de la ciencia en la sociedad. La civilización, tal como la conocemos hoy y en sus aspectos materiales, sería imposible sin la ciencia, que además se halla profundamente implicada en los aspectos intelectuales y morales de aquella. La difusión de las ideas científicas ha sido un factor decisivo en la configuración del modelo general del pensamiento humano. En los conflictos y aspiraciones de nuestro tiempo, particularmente, podemos encontrar una imbricación creciente y continua de la ciencia. Los hombres viven con el temor de ser destruidos por la bomba atómica o las armas biológicas, pero también con la esperanza de obtener una vida mejor mediante la aplicación de la ciencia a la agricultura y a la medicina. Los dos campos en que actualmente se divide el mundo ejemplifican objetivos diferentes en el uso de la ciencia; la urgente necesidad de su reconciliación se debe en parte a la naturaleza catastrófica y suicida de la guerra científica.

La marcha de los acontecimientos sitúa ante nosotros, cada vez más insistentemente, problemas relativos a la ciencia tales como el apropiado uso de la misma en la sociedad, la militarización de la ciencia, las relaciones de la ciencia con los gobiernos, el secreto científico, la libertad de la ciencia, el lugar de la ciencia en la educación y en la cultura general. ¿Cómo resolver esos problemas? El intento de solucionarlos recurriendo a principios aceptados o a verdades autoevidentes sólo puede dar lugar a confusión. Tales principios no pueden dar una respuesta clara, por ejemplo, a cuestiones como la de la responsabilidad del científico ante la tradición de la ciencia, ante la humanidad o ante el Estado. En un mundo que cambia rápidamente poco puede esperarse de ideas que se toman inalteradas de una sociedad que se ha desvanecido después de revocarlas. Pero esto no quiere decir que los problemas sean insolubles ni que, consiguientemente, haya que caer en la irracionalidad y el pesimismo impotente tan característicos actualmente entre los intelectuales de los países capitalistas. En último término, tales problemas deben resolverse y se resolverán en la práctica mediante el intento de encontrar un camino para utilizar y desarrollar la ciencia de manera más armoniosa y con mejores resultados para la humanidad. Se ha obtenido ya mucha experiencia en países en que la ciencia se ha dedicado conscientemente a tareas constructivas y a fomentar la prosperidad, e incluso en la Gran Bretaña y en los Estados Unidos la experiencia del uso de la

ciencia en la guerra y en la preparación de la guerra ha enseñado a los científicos algo de lo mucho que podría hacerse en la paz.

Pero la experiencia no es suficiente por sí misma y, en realidad, nunca puede actuar aisladamente. Consciente o inconscientemente, está necesariamente guiada por teorías y actitudes extraídas del fondo general de la cultura humana. En la medida en que es inconsciente, su dependencia de la tradición será ciega y únicamente conducirá a la repetición de unas soluciones ya intentadas que el cambio en las condiciones ha hecho inoperantes. En la medida en que es consciente, implica un conocimiento más amplio de la relación general de la ciencia a la sociedad cuya primera exigencia es el conocimiento de la historia de la ciencia y de la sociedad. En la ciencia, más que en ninguna otra institución humana, es necesario investigar el pasado para comprender el presente y dominar el futuro.

Hasta hace muy poco tiempo esta afirmación habría merecido escasa atención por parte de los científicos activos. En la ciencia natural, y especialmente en las ciencias físicas, se sostiene firmemente la idea de que el conocimiento actual cancela todo el conocimiento del pasado tomando su lugar. Se admite también que el conocimiento futuro convertirá en anticuado el conocimiento presente, que, sin embargo, es por el momento el más aceptable. Todo lo útil del conocimiento anterior queda absorbido en el actual; lo que ha quedado fuera de éste son sólo los errores de la ignorancia. En suma, en palabras de Henry Ford, «La historia es un tamíz».

Por fortuna, en nuestros días es cada vez mayor el número de científicos que empiezan a advertir las consecuencias de esa actitud de desprecio hacia la historia y, por lo tanto, aumenta también el de los capaces de apreciar inteligentemente el lugar de la ciencia en la sociedad. Sólo ese conocimiento puede evitar que los científicos, pese a todo el prestigio de que gozan, se cieguen y queden atrapados sin remedio en el gran drama contemporáneo del uso y el abuso de la ciencia. Es verdad que en el pasado reciente los científicos y buena parte del público consiguieron instalarse muy finamente en la cómoda creencia de que la aplicación de la ciencia conduciría automáticamente a una segura mejora en el bienestar humano. La idea, realmente, no es muy vieja: en los tiempos de Roger Bacon era todavía una especulación revolucionaria y peligrosa, siendo afirmada por primera vez, en forma confidencial, por Francis Bacon trescientos años más tarde; únicamente los cambios inmensos y progresivos en la ciencia y en la producción a que dio lugar la Revolución Industrial hicieron de esa idea de progreso una verdad segura y perdurable, casi una trivialidad, en los tiempos victorianos. No es ciertamente ahora, en estos días angustiosos y encapotados, cuando se advierte por primera vez que el poder que puede dar la ciencia es más directamente capaz de aniquilar del planeta la civilización e incluso la vida misma que de asegurar un ininterrumpido progreso en las artes de la paz, aunque también aquí se ha suscitado la duda, y algunos neomalthusianos temen que, incluso poniendo remedio al mal, la ciencia siga siendo peligrosa en un planeta superpoblado.

Sea para bien o para mal, la importancia de la ciencia actual no precisa ser subrayada; necesita, con todo, y debido precisamente a su importancia, ser comprendida. Es por medio de la ciencia que toda nuestra civilización está siendo transformada muy rápidamente. La propia ciencia se está desarrollando, y no, como en el pasado, poco a poco e imperceptiblemente. sino a grandes saltos, de un modo visible por todos. La tremenda fábrica de nuestra civilización ha cambiado ya enormemente a lo largo de nuestra vida y sigue cambiando más y más rápidamente de año en año. Para comprender cómo tiene lugar ese cambio no es suficiente conocer las tareas a las que se dedica la ciencia actualmente: también es esencial saber cómo ha llegado a ser lo que es, cómo ha respondido en el pasado a las sucesivas formas de sociedad y cómo ha servido, a su vez, para modelar éstas últimas.

Muchas gentes dan por sentado que, puesto que la ciencia afecta a sus vidas cada vez más, debe seguirse que los propios científicos controlan efectivamente el mecanismo de la

civilización y, consiguientemente, son responsables amplia e inmediatamente de los males y catástrofes de nuestra época. La mayoría de las personas que trabajan actualmente en la ciencia saben cuán lejos de la verdad está esa creencia. El uso al que se destina el trabajo de los científicos queda casi por completo fuera de sus manos. Su responsabilidad sigue siendo, por lo tanto, puramente moral. E incluso esa misma responsabilidad se elude con frecuencia en la tradición de la ciencia mediante la exaltación de una desinteresada búsqueda de la verdad indiferente a las consecuencias que de ella puedan seguirse. Esa tan conveniente evasión de la responsabilidad funciona bien, como veremos, en la medida en que el progreso social general, ampliamente debido a la ciencia, figure en el orden del día. El científico puede entonces indentificarse razonable y fácilmente con las Ideas económicas y políticas en boga y ser feliz limitándose solamente a seguir el camino que ha elegido libremente. Pero ante un mundo de creciente escasez, miseria y temor, y en el que la misma ciencia está cada vez más directamente implicada en los aspectos menos agradables de la guerra, esa actitud comienza a descomponerse. La responsabilidad moral del científico en el mundo de hoy es difícil de eludir.

La alternativa no es la irresponsabilidad, sino una responsabilidad social más consciente y activa mediante la cual la ciencia pueda, por una parte, hacer una contribución explícita a la planificación de la industria, la agricultura y la medicina para fines que el científico pueda aprobar plenamente, y, por otra, extenderse y transformarse hasta convertirse en parte integral de la vida y del trabajo de todos.

El cambio de una ciencia socialmente irresponsable a una ciencia socialmente responsable solamente está empezando. Su naturaleza y sus directivas no están completamente formuladas, únicamente es un aspecto, aunque vital, de las grandes transformaciones sociales a que da lugar el paso de una economía motivada por el afán posesivo individual a una dirigida al bienestar común. Se trata de uno de los cambios más trascendentales de la historia humana y de ahí la importancia capital del hecho de que pueda ser ampliamente debatido y bien conocido de antemano, pues ese cambio contiene a la vez graves peligros y posibilidades ilimitadas. La necesidad de lograr esa transformación del mejor modo posible y de asegurar en cada estadio una utilización inteligente de la ciencia constituye la más poderosa razón del estudio de las relaciones de la ciencia y la sociedad en el pasado, pues sólo por medio de ese estudio puede aquello comprenderse adecuadamente.

Aspectos de la ciencia

Antes de dar comienzo a esa investigación debe decirse algo acerca del significado y alcance de la ciencia misma. naturalmente, también puede parecer más natural y conveniente empezar con una definición de la ciencia. El profesor Dingle, en su extenso comentario dedicado a mi libro *The Social Function of Science*, exige que así se haga. Según él, el autor debería empezar:

«identificando ese fenómeno y delineando tan claramente como fuera posible lo que es en sí, aparte de cualquier función que pueda tener y de cualquier relación en que pueda estar con otros fenómenos; sólo entonces puede proceder a considerar el papel que ha desempeñado, o podría desempeñar, en la vida social».

Mi experiencia me ha convencido de la futilidad de semejante empresa. La ciencia es tan vieja, ha sufrido tantos cambios a lo largo de su historia, está tan encadenada en cada punto a las restantes actividades sociales que cualquier tentativa de definición - y han sido muchas-

sólo puede expresar más o menos inadecuadamente uno de los aspectos, tal vez de importancia secundaria, que ha tenido en algún período de su desarrollo. Einstein ha expuesto este punto a su modo:

«La ciencia como algo existente y completo es la cosa más objetiva que puede conocer el hombre. Pero la ciencia en su hacerse, la ciencia como un fin que debe ser perseguido, es algo tan subjetivo y condicionado psicológicamente como cualquier otro aspecto del esfuerzo humano, de modo que la pregunta ¿cuál es el objetivo y el significado de la ciencia? recibe respuestas muy diferentes en diferentes épocas y de diferentes grupos de personas.»

La idea de definición no puede aplicarse estrictamente a una actividad humana que en sí misma es sólo un aspecto inseparable del proceso único e irrepetible de la evolución social. La ciencia es, en razón de su naturaleza, cambiante, y lo es más que cualquier otra ocupación humana. La ciencia está cambiando muy rápidamente en la medida en que es uno de los logros más recientes de la humanidad. No ha tenido una existencia larga e independiente. En el albor de la civilización era únicamente un aspecto del mundo del mago, del cocinero o del forjador, y sólo en el siglo XVII comenzó a adquirir cierto estatuto de independencia. Sin embargo, puede ocurrir que esa misma independencia sea solamente una fase temporal: cabe muy bien que en el futuro el conocimiento y el método científico se extiendan a toda la vida social de modo que la ciencia tenga nuevamente un modo de existencia no independiente. Puesto que la definición es intrínsecamente imposible, el único modo de convenir qué es lo que en calidad de ciencia se discute en este libro ha de ser forzosamente una descripción extensa y abierta. Éste será el cometido de los capítulos siguientes, pero aquí, como preparación a un tratamiento más detallado, se intentará analizar en pocas palabras los aspectos más importantes en que se presenta la ciencia en el mundo contemporáneo.

La ciencia puede contemplarse como institución (1.1), como método (1.2), como una tradición acumulativa de conocimiento (1.3), como factor decisivo en el mantenimiento y desarrollo de la producción (1.4) y como uno de los más influyentes factores en la modelación de las creencias y actitudes hacia el universo y hacia el hombre (1.5). En 1.6 se discutirán las interacciones entre la ciencia y la sociedad. Al señalar esos distintos aspectos de la ciencia no pretendo dar a entender que existan muchas «ciencias» diferentes. Tratándose de un concepto tan amplio en su extensión temporal, de tantas implicaciones y de carácter tan abstracto, la norma debe ser la multiplicidad de sus aspectos y referencias. Las palabras «ciencia» o «científico» tienen buen número de significados distintos en función del contexto en que se usan. El profesor Dingle se ha tomado la molestia de señalar diez de ellos tomándolos de mi libro. En uno de los casos que cita, la ciencia se contrapone a la ingeniería como cuestión del grado de aplicación práctica, en otro se contrapone el método científico como medio de verificación al reconocimiento intuitivo del invento. Se trata siempre de usos significativos de la palabra «ciencia», pero para extraer de ellos todo su sentido es preciso integrarlo conjuntamente en un cuadro general del desarrollo científico. Entre los aspectos anteriormente citados, los de la ciencia como institución y como factor en la producción pertenecen casi exclusivamente a los tiempos modernos. El método científico y su influencia en las creencias data en cambio de la época de los griegos, si no es más antiguo. La tradición del conocimiento que pasa del padre al hijo, del maestro al aprendiz, es la auténtica raíz de la ciencia y existe desde los más remotos tiempos del hombre, desde mucho antes de que la ciencia pudiera considerarse como institución o hubiera dado lugar a un método distinto del sentido común y el saber tradicional.

1.1 LA CIENCIA COMO INSTITUCIÓN

La ciencia como institución en que trabajan profesionalmente centenares de miles de hombres y mujeres, es algo muy reciente. Hasta el siglo XX no ha podido compararse la importancia de la profesión científica a la que en el pasado tuvieron otras profesiones como la dedicación a la Iglesia o al Derecho. Se la considera como cosa distinta, aunque íntimamente vinculada, a la medicina y a la ingeniería, las cuales, a su vez, se hacen cada día menos dependientes de la tradición y admiten cada vez más la influencia de la ciencia. Su creciente intimidad con las profesiones especializadas ha tendido a acentuar su separación de las ocupaciones comunes de la sociedad. En los siguientes capítulos tendremos mucho que decir acerca del origen de esta separación y de su dependencia de las funciones económicas de la ciencia. Aquí es suficiente apuntar el hecho de que tal separación aparece más acentuadamente en los países capitalistas. En la actualidad, y para mucha gente extraña a la disciplina, la ciencia aparece como una actividad llevada a cabo por una especial clase de personas: los científicos. La palabra misma no es demasiado vieja, siendo usada por primera vez por Whewell, en 1840, en su *Philosophy of Inductive Sciences*: «Realmente, necesitamos un nombre para designar al cultivador de la ciencia en general. Yo me inclinaría a llamarle Científico». Y esas personas son consideradas como si fueran algo aparte: algunas trabajan con extraños aparatos en laboratorios oscuros e inaccesibles. Otras se ocupan de complicados cálculos y demostraciones, y todas ellas usan unos lenguajes que sólo sus colegas pueden comprender. Esta actitud tiene, de hecho, alguna justificación, pese a que la ciencia se desarrolla e influye cada vez más en nuestra vida diaria, no por ello se hace más comprensible. En el transcurso del tiempo los practicantes de las diversas ciencias ha ido entrando casi imperceptiblemente en campos en que es necesario crear lenguajes especiales para expresar las entidades y relaciones descubiertas, y en gran parte no se han molestado en traducir siquiera la parte más interesante de su obra al lenguaje ordinario. La ciencia ha adquirido hasta tal punto las características de las profesiones cerradas, incluida la de un largo período de educación y aprendizaje, que popularmente es más fácil reconocer a los científicos que saber lo que es la ciencia. Realmente, una definición fácil de ésta sería *lo que los científicos hacen*.

La institución de la ciencia como cuerpo organizado y colectivo es nueva, pero sigue teniendo un carácter económico especial que ya poseía en el período en que avanzaba mediante esfuerzos individuales. La ciencia difiere de las llamadas profesiones liberales en que su práctica carece de valor económico inmediato. El jurista puede efectuar una defensa o decidir un juicio, el médico curar, el clérigo celebrar un matrimonio o proporcionar consuelo espiritual, el ingeniero diseñar un puente o una máquina de lavar, cosas todas por las que la gente está dispuesta a pagar en el acto. Son profesiones liberales en la medida en que pueden pedir tanto como el mercado ofrezca. Los diferentes productos de la ciencia, aparte de algunas aplicaciones inmediatas, no son vendibles, incluso aunque en conjunto y en un plazo de tiempo relativamente breve, mediante su incorporación a la técnica y a la producción, sean capaces de proporcionar más riqueza que las restantes profesiones juntas. Resultado de ello es que el problema de cómo ganarse la vida haya sido siempre la primera preocupación del científico, y la dificultad de su solución ha actuado en el pasado como un freno de primera magnitud para el progreso científico y, aunque en un grado muy inferior, continúa actuando así hoy.

En los viejos tiempos la ciencia era en gran parte una ocupación especial de la gente rica y ociosa o de los miembros de las antiguas profesiones que habían alcanzado una situación acomodada. Existía el astrónomo profesional de la corte y también, aunque no tan frecuentemente, el físico real. Eso hacía de la ciencia un monopolio virtual de las clases

superior y media. En último extremo tanto las tareas asignadas a la ciencia como sus recompensas derivaban de las tradiciones e instituciones sociales, incluyendo entre ellas, con importancia creciente a medida que transcurría el tiempo, la institución de la ciencia misma. Esto no supone necesariamente una derogación de la ciencia: el hecho de su dirección social ha sido, al menos hasta el reciente impulso de militarización, algo general y no coercitivo, y realmente puede servir de ayuda a una mente imaginativa forzándola a fijar su atención en los limitados aspectos de la experiencia accesible. Así, como veremos, la investigación de la longitud fue una directiva social fértil para la física y la astronomía de los siglos XVII y XVIII, pudiendo decirse lo mismo de la investigación de los antibióticos en el siglo XX.

La auténtica derogación de la ciencia consiste en la frustración y perversión que se suscitan en una sociedad en que aquélla se valora a tenor de lo que puede aportar al beneficio privado y a los medios de destrucción. Por ello no deja de ser natural que los científicos que advierten en esos fines la única razón por la que la sociedad en que viven sostiene a la ciencia, y que no son capaces de imaginar otro tipo de sociedad, crean sincera y firmemente que toda dirección social de la ciencia es necesariamente un mal. Anhelan un retorno a un estado ideal, que en realidad no ha existido nunca, en que se busca la ciencia por sí misma. Incluso la definición de la matemática pura dada por G. H. Hardy, «La cuestión carece de uso práctico, o sea no puede utilizarse para promover directamente la destrucción de la vida humana o para acentuar las desigualdades existente en la distribución de la riqueza», ha sido desmentida por los hechos, pues de su estudio se han seguido ambas cosas durante la última guerra y a partir de ella. De hecho, el científico individual siempre ha necesitado trabajar en estrecha relación con otros tres grupos de personas: sus patronos, sus colegas y su público.

La función del patrón, ya se trate de un individuo acaudalado o de una universidad, de una compañía o de un departamento del Estado, es proporcionar el dinero que el científico necesita para vivir y llevar adelante su trabajo. El patrón, a cambio, querrá tener algo que decir acerca de éste, especialmente si su objetivo último es el lucro comercial o la victoria militar. Tal cosa ocurrirá con menos frecuencia, aparentemente, si actúa por pura benevolencia o para obtener prestigio o publicidad; en estos casos sólo procurará que los resultados sean algo espectaculares y no excesivamente inquietantes.

En una sociedad socialista la función del patrón es ejercida a todos los niveles por los órganos del gobierno popular, desde la fábrica o la granja al instituto académico, y en este proceso resulta radicalmente alterada. Puesto que ese tipo de gobierno puede adoptar una perspectiva a largo plazo - y en realidad tiene que hacerlo necesariamente-, el trabajo de los científicos es considerado como valioso intrínsecamente. Su protección y sostenimiento constituyen la primera carga de los presupuestos nacionales y locales. A su vez, se espera que los científicos comprendan su responsabilidad social, consistente en cooperar en los planes por una sociedad mejor, ordenando consiguientemente su trabajo para conseguir los mejores resultados tanto a corto como a largo plazo.

En general el científico tiene que «vender» su proyecto al patrón, pero es improbable que lo haga si no puede contar por lo menos con el apoyo tácito de sus colegas a través de las diversas instituciones y sociedades a las que pertenecen. Esas entidades tienen la obligación de mantener el nivel intelectual de la ciencia, pero no ejercen, ni pueden ejercer a menos que la ciencia esté planificada, gran iniciativa en la determinación de los campos que deben ser estudiados ni tampoco pueden decidir la cuestión de si debe emplearse en ellos poco o mucho esfuerzo.

El pueblo es, en definitiva, el juez último del sentido y valor de la ciencia. Cuando la ciencia se ha convertido en un misterio en manos de una selecta minoría se ha encadenado inevitablemente a los intereses de la clase dominante, separándose de la inspiración y la comprensión que suscitan la capacidad y las necesidades del pueblo. El obispo Sprat, en su

History of the Royal Society (1667), se pregunta por qué «las *Ciencias de las mentes humanas* han resultado mucho más afectadas que las *Artes de sus manos* por esas vicisitudes», y concluye que ello ha sido porque «han sido proscritas del mundo por los propios filósofos... Puesto que al principio se trataba mucho más de ellas, interesándose de un modo más familiar por todos los aspectos de la vida humana, no hay duda de que más tarde se consideró necesario ocultarlas, en la época más *activa e ignorante*. De este modo habrían escapado a la ferocidad del pueblo bárbaro, al igual que las Artes del *Laboreo, el Cultivo, la Cocina, los modos de hacer hierro y acero, la pesca, la navegación* y muchos otros oficios que se habían convertido en necesarios». Si a esto se añade, como ha ocurrido en los últimos estadios del desarrollo capitalista, el uso de la ciencia para intensificar el trabajo manual, crear el desempleo y hacer la guerra, resulta inevitable que entre los trabajadores aumente la suspicacia y la hostilidad hacia la ciencia. La ciencia que se desarrolla de este modo es una ciencia limitada, o menos que una semiciencia si se la compara con las virtualidades que posee al convertirse en una parte comprendida y valorada de un movimiento ampliamente popular.

Una comprensión plena de la ciencia como institución sólo es posible si se la estudia desde sus orígenes en las instituciones más antiguas. Será necesario, pues, conocer los cambios a que ha estado sometida, especialmente en los últimos años, y mostrar cómo, en tanto que institución, se halla en interacción con otras y con las tareas generales de la sociedad.

1.2 LOS MÉTODOS DE LA CIENCIA

La institución de la ciencia es un hecho social, un cuerpo de personas vinculadas por ciertas relaciones organizadas para desempeñar determinadas tareas en la sociedad. El método científico es, por contraste, una abstracción de esos hechos. Existe el peligro de considerarlo como una especie de forma platónica ideal, como si existiera un camino único para hallar la Verdad sobre la Naturaleza o sobre el Hombre, y la única ocupación de los científicos fuera encontrar ese camino y mantenerse en él. Esa concepción absoluta resulta desmentida por toda la historia de la ciencia, con su continuo desarrollo de una multitud de nuevos métodos. El método científico no es algo fijo, sino algo que se encuentra en un proceso de desarrollo y que no puede ser examinado sin advertir sus estrechas relaciones con el carácter social, y clasista en particular, de la ciencia. El método científico, consiguientemente, escapa a la definición de la misma manera que la propia ciencia. Consiste en cierto número de operaciones, de carácter mental unas y manual otras; cada una de ellas, a su vez, ha tenido que mostrar su utilidad, primero en la formulación de las cuestiones que parecieron más perentorias en algún estadio del desarrollo de la ciencia y luego encontrando las respuestas, realizando la prueba de si se trataba de respuestas auténticas y utilizándolas. En el pasado, las cuestiones a las que podían darse respuestas racionales se encontraban principalmente en el campo de las ciencias matemáticas, como la astronomía y la física. En los restantes campos se obtenían únicamente resultados parciales extraídos de la experiencia y garantizados por su posible utilización técnica. Posteriormente se inició la aplicación del método científico modificándolo a los campos de la química y de la biología, y ahora, en nuestros días, se está justamente empezando a aprender cómo aplicarlo a los problemas de la sociedad.

El estudio del método científico ha tenido lugar mucho más lentamente que el propio desarrollo de la ciencia. Los científicos se dedican ante todo a descubrir cosas y luego, de manera más bien ineficaz, reflexionan sobre el modo en que las han descubierto. Desgraciadamente, muchos de los libros escritos sobre los métodos de la ciencia se deben a

personas que, estando bien dotadas filosófica o incluso matemáticamente, no son científicos experimentales y, en sentido estricto, no pueden saber de qué están hablando.

Observación y experimentación

Los métodos utilizados por los científicos han evolucionado a partir de una separación de los métodos que se usan en la vida ordinaria, y en particular en los oficios manuales. Primero se echa una mirada a la cosa, luego se modifica algo y se prueba si puede funcionar. En lenguaje más erudito, empezamos con *observaciones* y continuamos con experimentos. Cualquier persona, sea científico o no, se dedica a observar, pero lo importante es saber qué debe ser observado y el modo de observarlo. En este sentido el científico difiere del artista. El artista observa para transformar lo que ve en algo nuevo, en una *creación* evocadora, mediante su propia experiencia y su propia sensibilidad. El científico practica la observación para hallar objetos y relaciones tan independientes de sus propios sentimientos como sea posible. Eso no significa que en su trabajo no deba tener una intención consciente; por el contrario, la historia de la ciencia muestra que el hecho de tener por su parte algún objetivo, a menudo de carácter práctico, constituye casi una exigencia esencial para el descubrimiento de algo nuevo. Lo que se quiere indicar es que para alcanzar su fin en el mundo no humano, sordo a las llamadas emotivas, el deseo debe estar subordinado al hecho y a la ley.

Clasificación y medición

A partir de la observación ingenua se han desarrollado a la vez dos técnicas: la *clasificación* y la *medición*. Ambas son, naturalmente, mucho más antiguas que la ciencia consciente, pero se usan ahora de una manera muy especial. La clasificación se ha convertido en el primer paso para el conocimiento de nuevos grupos de fenómenos; éstos deben ordenarse antes de que pueda hacerse algo con ellos. La medición es únicamente un estadio ulterior a ese otro previo de ordenación. Contar consiste en ordenar un conjunto con otro, en último extremo con el de los dedos; medir es contar el número de miembros de un conjunto típico que se equilibra o alinea con la cantidad que se pesa o mide. La medición enlaza a la ciencia con las matemáticas por un lado y con la práctica comercial y mecánica por otro. Los números y las formas entran en la ciencia por medio de la medición, y es también gracias a ella que se puede indicar con precisión lo que debe hacerse para reproducir unas condiciones determinadas y obtener algún resultado deseado.

Aquí entran en el cuadro los aspectos activos de la ciencia, expresados por medio del término «experimento». Después de todo, como el propio término indica, un experimento no es nada más que una prueba, y los antiguos experimentos eran en realidad pruebas a gran escala. Una vez que se hubo introducido, la medición no sólo fue posible reproducir las pruebas cuidadas. Briosamente, sino también atreverse a realizarlas a pequeña escala. En la pequeña escala o experimento modelo reside la característica esencial de la ciencia moderna. Al trabajar a pequeña escala pueden llevarse a cabo muchas más pruebas al mismo tiempo y mucho menos costosamente. Por otra parte, la utilización de las matemáticas permite obtener resultados mucho más valiosos de una multitud de experimentos a pequeña escala que de una o dos costosas y complicadas pruebas a gran escala. Todos los experimentos pueden reducirse

a dos operaciones muy simples: la de separar y la de volver a juntar de nuevo, o, en lenguaje científico, la de *análisis* y la de *síntesis*. Si no es posible tomar en sus partes una cosa o un proceso, no se puede hacer otra cosa que observarlo como un todo indiviso, y a menos de que sea posible volver a juntar todas esas partes y hacer funcionar el conjunto, no hay manera de saber si se ha introducido algo nuevo o dejado fuera algo en el análisis.

El aparato científico

Para realizar esas operaciones los científicos, a lo largo de los siglos, han producido una serie de herramientas materiales que constituyen el aparato de la ciencia. Ese aparato no es nada misterioso. Se trata simplemente de instrumentos de la vida corriente, modificados para cumplir objetivos muy especiales. El crisol es simplemente un pote; el forceps, unas tenazas. A su vez, el aparato científico frecuentemente vuelve a entrar en la vida diaria en forma de instrumentos u objetos corrientes. Por ejemplo, no ha pasado mucho tiempo desde que la moderna televisión no era más que el tubo de rayos catódicos, elemento de carácter estrictamente científico, en un aparato construido para medir la masa del electrón. Los aparatos científicos pueden desempeñar al menos una de las dos funciones generales siguientes: en tanto que instrumentos científicos, como telescopios o micrófonos, pueden utilizarse para ampliar y hacer más precisa nuestra percepción sensorial del mundo; en tanto que herramientas científicas, como micromanipuladores, alambiques o incubadoras, pueden utilizarse para ampliar, de un modo controlado, nuestra manipulación motora de los objetos que nos rodean.

Leyes, hipótesis y teorías

A partir de los resultados de los experimentos, o más bien de la mezcla de operación y observación que constituye el experimento, empieza a formarse el cuerpo del conocimiento científico. Ese cuerpo no es, sin embargo, una simple lista de los resultados obtenidos. Si sólo fuera esto, la ciencia sería tan amplia y tan difícil de comprender como la Naturaleza que la ha suscitado. Antes de que puedan utilizarse sus resultados, e incluso antes de que puedan obtenerse, es necesario, por decirlo así, reunirlos en manojos, agruparlos y relacionarlos unos con otros, función que pertenece a la parte lógica de la ciencia. Los argumentos científicos, el uso de símbolos y fórmulas matemáticas o, simplemente, el uso de nombres en sus primeros estadios, condujeron a la creación continua de un edificio más o menos coherente de *leyes*, *principios*, *hipótesis* y *teorías* científicas. Y esto no es todo: la ciencia se está haciendo continuamente, pues de tales hipótesis y teorías se desprenden sus *aplicaciones* prácticas. Éstas, a su vez, en caso de funcionar, o incluso más frecuentemente si no funcionan, suscitan nuevas observaciones, nuevos experimentos y nuevas teorías. El experimento, la interpretación y la aplicación marchan unidos entre sí, y entre todos van construyendo el cuerpo real vivo y social de la ciencia.

El lenguaje de la ciencia

A través del proceso de observación, experimentación e interpretación lógica se ha ido desarrollando el *lenguaje*, o los lenguajes, de la ciencia, que con el decurso del tiempo se han convertido en algo tan esencial para ella como su aparato material. Al igual que ese aparato, tales lenguajes no son intrínsecamente extraños, sino que derivan del lenguaje común y con frecuencia vuelven a él. El ciclo fue alguna vez *kyklos*, rueda, pero durante muchos siglos tuvo vida como término abstracto para fenómenos periódicos hasta volver a pegarse a la tierra en forma de triciclo o bicicleta. La gran conveniencia de utilizar palabras que eran absolutamente corrientes en los olvidados lenguajes de Grecia y de Roma se debe a la necesidad de evitar la confusión con los significados corrientes. Los científicos griegos tropezaron con el grave inconveniente de no disponer de término - en griego- para ello. Tenían que expresarse en un lenguaje enteramente llano; decir, por ejemplo, en vez de «glándula submaxilar», «bultos como bellotas que están bajo la mandíbula». La práctica de introducir términos griegos y latinos, aunque ayudaba a los científicos a discutir más clara y brevemente, tenía la desventaja de producir una serie de lenguajes especiales que de hecho, y a veces deliberadamente, ponían la ciencia fuera del alcance del hombre corriente. Esta barrera, sin embargo, no es en absoluto necesaria. El lenguaje científico es demasiado conveniente para dejarlo de lado, pero puede y debe infiltrarse en el lenguaje común una vez que las ideas científicas se hayan convertido en algo tan familiar a la vida diaria como los artilugios que nacen de la ciencia.

La estrategia de la ciencia

La discusión del método científico se ha limitado a lo que podría llamarse la *táctica* del progreso de la ciencia. Se trata primariamente de un método de resolver problemas y de asegurar razonablemente que las soluciones son satisfactorias. Pero es claramente insuficiente por sí mismo para explicar el avance de la ciencia como un todo a lo largo de amplios períodos de tiempo. Para completar el cuadro es necesario decir algo acerca de la *estrategia* de la ciencia. Naturalmente, la ciencia no tiene necesidad absoluta, para avanzar, de tener una estrategia consciente, y de hecho en los primeros tiempos no se proponía fines a largo plazo. No obstante, como veremos, el camino por el que avanza la ciencia no es en absoluto casual, y siempre ha debido estar actuando algún tipo de estrategia, a menudo inconscientemente pero también, a veces, de manera consciente.

La característica esencial de una estrategia del descubrimiento científico reside en la determinación del orden sucesivo de los problemas a resolver. De hecho es mucho más difícil encontrar un problema que una solución para él. Lo último requiere imaginación; lo primero, sólo ingenuidad. En esto está el sentido de la definición que Kosambi da de la ciencia, como *conocimiento de la necesidad*. El avance general de la ciencia de hecho ha tenido lugar persiguiendo la solución de problemas puestos en primer plano por la necesidad económica real, y sólo secundariamente a partir de ideas científicas anteriores. En un momento dado, existe un grupo de problemas típicos, como el de obtener un cubo que fuera la mitad del altar cúbico de Delfos, problema que supone la extracción de una raíz cúbica, o el de hallar la longitud, que llevó a las leyes de Newton, o el de curar la enfermedad del gusano de seda en Francia, que condujo a Pasteur a la teoría de la enfermedad por gérmenes patógenos. El peligro reside en que el número de los problemas clásicos conocidos tiende a ser limitado. Los esfuerzos de los científicos se concentran, generación tras generación, en resolverlos y en la elaboración de las soluciones.

Esta tendencia ha colocado a la ciencia dentro de estrechos límites durante largos períodos de su historia. Sólo quebrando esos límites y hallando nuevos problemas en la vida diaria ha

llegado a extenderse a nuevos campos. Algunos de los más grandes científicos del pasado, como Newton, Darwin y Faraday, se propusieron hallar y resolver problemas según un plan que fuera propiamente suyo. Faraday, por ejemplo, inició su carrera planteándose el problema general de hallar las relaciones entre las distintas fuerzas de la naturaleza física - luz, calor, electricidad y magnetismo-, y tomándolas por parejas llegó casi a completar el programa.

Actualmente estamos empezando a comprender que lo que pueden hacer conscientemente, aunque a pequeña escala, esas grandes personalidades, constituye una parte esencial del desarrollo de la ciencia; comenzando también a pensar que es posible planear la ciencia conscientemente sobre una base colectiva más que sobre una base individual. El problema mayor es el suscitado por la necesidad de reconciliar y combinar las cuestiones que nacen de las exigencias sociales y económicas, por un lado, y el intrínseco desarrollo de la ciencia, por otro. Esto, sin embargo, implica, para que de su descubrimiento y utilización puedan obtenerse todos sus frutos, un control de la vida económica del país mucho mayor del que puede advertirse fuera de los países socialistas. Con todo, esos frutos son tan amplios y a tan largo plazo que ninguna nación será capaz de mantener su lugar en el mundo sin hacer uso positiva y planificadamente de la ciencia. Por consiguiente, el progreso de la ciencia y su utilización creciente en la vida social adoptarán en el futuro un ritmo más racional y menos accidental que en el pasado.

Contemplada desde la perspectiva de la evolución histórica, la ciencia se caracteriza por una elaboración consciente de la experiencia suministrada por los órganos sensoriales y motores del cuerpo. Amplía consciente y socialmente los procesos de aprendizaje, comunes a todos los animales superiores. El animal puede aprender por la experiencia; el hombre, al utilizar la ciencia, va mucho más lejos que esto y experimenta el aprendizaje. En el mismo sentido, el propio método científico, con sus codificados procesos de comparación, clasificación, generalización, hipótesis y teorías, es una extensión del mecanismo del cerebro, que ya anteriormente había evolucionado en los mamíferos superiores a la capacidad de afrontar situaciones altamente complejas como las que plantea la caza. Sin embargo, la diferencia esencial entre las hazañas animales y las realizaciones de la ciencia humana consiste en que las últimas no son ya de naturaleza individual, sino social. Se suscitan del esfuerzo cooperativo del *trabajo* y se coordinan por medio del *lenguaje*.

Ciencia y arte

La extensión del poder físico del hombre por medio de la ciencia no es ya, como en los animales, un proceso de evolución continuo y casi automático. Se efectúa como un correlato necesario de los cambios sociales y está caracterizado por las luchas y conflictos internos de las clases sucesivamente ascendentes. Teniendo siempre presente la inseparabilidad de la ciencia y la sociedad, puede ser útil hacer abstracción ulterior de ello y considerar las características que distinguen la ciencia de otros aspectos de la actividad social humana, como el arte o la religión. Los principales datos para la distinción del aspecto científico son que éste se ocupa primariamente de cómo hacer cosas, que se refiere a una masa acumulativa de conocimiento táctico y de acción, y que se suscita primera y principalmente en la comprensión, el control y la transformación de los medios de producción, esto es, de las técnicas para satisfacer las necesidades humanas.

La primera de estas distinciones puede expresarse diciendo que el modo de la ciencia es *el indicativo*, que puede indicar o mostrar a la gente cómo hacer lo que quiere hacer. En sí

mismo, *el modo científico* no puede intentar que la gente prefiera hacer una cosa y no otra; esto es con mayor propiedad tarea para el *modo artístico*, que es igualmente social y - una de cuyas funciones consiste en engendrar primero el deseo y luego la voluntad de una acción específica. Cada uno de estos modos requiere el complemento del otro y, de hecho, ni el arte ni la ciencia pueden encontrarse aislados. Tampoco agotan, sin embargo, el significado del arte o de la ciencia para el individuo. Más allá de ellos, y como algo común a todas las formas de la realización humana, está el placer intrínseco que producen la contemplación y la creación de nuevas combinaciones de palabras, sonidos o colores, o el descubrimiento de combinaciones ya anteriormente existentes en la naturaleza. Ese placer, aunque experimentado en primer lugar individualmente, no es en absoluto una emoción privada. Como el primer interés se deriva de la sociedad, también el acto contemplativo es social y se desea, como lo muestra el intenso deseo común al artista y al científico, comunicarlo.*

Toda tarea científica tiene un objetivo y genera un objetivo ulterior, pero éste no es el aspecto característicamente científico del mundo, ni lo es tampoco la belleza o el placer que se aprecian en la obra de la ciencia. En su aspecto puramente científico es una fórmula: le enseña a uno cómo llegar a hacer ciertas cosas si quiere hacerlas. Por otra parte, una obra de arte no es algo que simplemente nos agrade o emocione. Las obras de arte mismas contienen una preciosa información sobre el mundo y sobre cómo vivir en él, especialmente cuando, como ocurre en la novela, tratan de temas sociales.

Al señalar estas características abstractas de la ciencia se corre siempre el peligro de dar a entender que lo abstracto puede ser tomado como lo ideal, es decir, como lo que sería la ciencia solamente si todos los aspectos inesenciales de la moralidad o utilidad sociales pudieran ser evitados. En realidad, el ideal de una ciencia pura - la búsqueda de la Verdad por sí misma es la formulación consciente de una actitud social que ha hecho mucho daño al desarrollo de la ciencia y que ha contribuido a ponerla en manos obscurantistas y reaccionarias. Debería recordarse siempre que la ciencia solamente es completa si se siguen sus indicaciones. La ciencia no es sólo una cuestión del pensamiento, sino la cuestión de un pensamiento continuamente llevado a la práctica y continuamente refrescado por esa práctica. Esta es la razón de que la ciencia no pueda estudiarse separadamente de la técnica. En la historia de la ciencia veremos repetidamente que la práctica suscita nuevos aspectos de la ciencia y que los nuevos progresos de la ciencia dan lugar a nuevas ramas de la práctica. La actividad profesional del ingeniero moderno se debe en gran medida al progreso científico. Los mismos nombres de las diferentes clases de ingenieros que existen hoy - ingenieros en electrónica, ingenieros químicos, ingenieros de radio...- muestran que lo que originalmente fueron nuevas ramas de la ciencia se han convertido en la actualidad en nuevas ramas de la práctica.

Científico e ingeniero

El hecho de que los ingenieros hayan derivado de los científicos y que estén continuamente ligados a ellos no significa que ambas profesiones no puedan distinguirse. De hecho, los aspectos funcionales del científico y del ingeniero son radicalmente diferentes. La primera ocupación del científico consiste en hallar el modo de hacer las cosas, mientras que la del ingeniero consiste en hacerlas. La responsabilidad del ingeniero es mucho mayor, en sentido práctico, que la del científico. No puede detenerse excesivamente en la teoría abstracta: debe producir diversamente, según las tradiciones de la experiencia pasada y probando al mismo tiempo nuevas ideas. En algunos campos de la ingeniería, la ciencia desempeña en realidad un papel casi subsidiario a la experiencia. Los barcos de hoy, aunque llenos de ingenios científicos en sus mecanismos y controles, son construidos por hombres que basan su

experiencia en los viejos barcos, de modo que puede decirse que la construcción naval, desde la canoa primitiva al moderno transatlántico, ha seguido una tradición técnica casi continua. La fuerza de la tradición técnica reside en que nunca puede hacer las cosas mal: lo que ya ha funcionado antes funcionará ahora; su debilidad está, por decirlo así, en que no puede arrojar por la borda su propio lastre. De la ingeniería puede esperarse una mejora segura y acumulativa de la ciencia, pero las transformaciones importantes sólo pueden tener lugar cuando la ciencia le echa una mano. Como dijo una vez J. J. Thomson, «La investigación en la ciencia aplicada conduce a las reformas; la investigación en la ciencia pura conduce a las revoluciones». Al mismo tiempo, los éxitos de la ingeniería -y todavía más sus dificultades- proporcionan a la ciencia un campo de problemas continuamente renovado. El hecho de que los papeles de la ingeniería y de la ciencia se complementen mutuamente indica que los dos deben estudiarse conjuntamente para comprender plenamente los efectos sociales de cada uno.

1.3 LA TRADICION ACUMULATIVA DE LA CIENCIA

Hasta aquí, al discutir la institución y el carácter de la ciencia no hemos subrayado explícitamente un aspecto que distingue el adelanto técnico y científico de cualquier otro aspecto de las realizaciones sociales. Esta característica de la ciencia es su naturaleza acumulativa. Los métodos del científico le servirían de muy poco si no tuviera a su disposición el inmenso fondo de la experiencia y los conocimientos anteriores. Seguramente ninguno de ellos es excesivamente correcto, pero para el científico activo es suficiente haber avanzado algo desde la línea de partida. La ciencia es un cuerpo de conocimiento en constante desarrollo formado por fragmentos de las reflexiones y las ideas, pero en grado mayor de la experiencia y de las acciones, de una amplia corriente de trabajadores y pensadores. No es suficiente conocer lo que ya es conocido: para que un hombre pueda ser calificado de científico es necesario que añada algo propiamente suyo al fondo común. La ciencia es, en cualquier momento, el resultado total de la ciencia habida hasta ese momento. Semejante resultado, sin embargo, no es algo estático. La ciencia consiste en algo más que en la reunión completa de todos los hechos conocidos, de todas las leyes, de todas las teorías. En realidad es un descubrimiento constante de hechos, leyes y teorías nuevos que critica y con frecuencia destruye mucho de lo construido. El edificio del saber científico no se detiene jamás en su crecimiento. Podríamos decir que efectúa reparaciones constantemente, pero que nunca deja de utilizarse.

La ciencia queda diferenciada por su naturaleza acumulativa de otras grandes instituciones humanas como la religión, el derecho, la filosofía y el arte. Éstas, naturalmente, tienen una historia y una tradición mucho más amplias que las de la ciencia y a las que se presta mucha atención y respeto, pese a que en principio no sean acumulativas. La religión se ocupa de preservar la verdad «eterna», mientras que en el arte cuenta más la realización personal que la pertenencia a una escuela artística. El científico, por otra parte, intenta siempre y deliberadamente modificar la verdad aceptada, de modo que su obra se asimila realmente pronto, en seguida queda superada y rápidamente se pierde como realización personal. La gente en general, y no sólo los artistas y poetas, ven, oyen y leen las grandes obras del arte, la música y la literatura del pasado en su forma original o en una reproducción o traducción muy fiel a ésta. Esas obras son, en virtud de su directo atractivo humano, algo siempre vivo. En contraste con ello puede decirse que sólo una pequeña minoría de científicos y de historiadores de la ciencia, y difícilmente nadie más, estudia las grandes obras científicas de la historia. Los resultados de esas obras se hallan subsumidos en la ciencia comúnmente

conocida, pero los originales quedan enterrados. El objeto de muchas investigaciones son las relaciones, los hechos, las leyes y las teorías establecidas, pero no el modo de su descubrimiento o presentación.

Sin embargo, existe una diferencia profunda y de diversa especie entre la tradición de las ciencias, y particularmente de las ciencias naturales, y la de la religión o las artes liberales. Estas últimas son arbitrarias en el sentido de que su instancia decisiva última consiste en una revelación o en un juicio manifestado por medio de la tradición oral o escrita. En la medida en que exigen una justificación racional, ésta vendrá sustentada por una lógica idealista. La tradición de la ciencia, por otro lado, y con ella la de la tecnología, puede argumentarse directamente por referencia a observaciones verificables y repetibles del mundo material. Sean viejos o nuevos, cada uno de los resultados de la ciencia puede ponerse a prueba en cualquier momento sobre unos materiales específicos que determinan a su vez el aparato científico, la verdad de la ciencia, como señalaba Bacon hace ya mucho tiempo, reside en el éxito de su aplicación a los sistemas materiales, sean éstos inanimados, como en las ciencias físicas, organismos vivos, como en las ciencias biológicas, o sociedades humanas, como en las ciencias sociales. Que estas ciencias sociales citadas no hayan obtenido todavía el estatuto de auténtica ciencia se debe únicamente a que en ellas la experimentación es escasa o no existe en absoluto. Cuando hablamos de ciencias. en este último sentido nos referimos necesariamente a aquellas partes del conocimiento humano que se hallan suficientemente desarrolladas para ser usadas en el mejoramiento directo de la práctica y que no son simples descripciones ordenadas de hechos indiscutibles. No hay duda de que los griegos tenían una biología e incluso una sociología además de una matemática y una astronomía, pero mientras que las dos últimas podían ser utilizadas en la planificación de ciudades y la predicción de sucesos celestes, las primeras se limitaban a explicar a la gente culta, de forma ordenada, lo que sabía cualquier labrador, político o pescador. La biología científica, capaz de ser de utilidad real para la medicina, difícilmente apareció antes del siglo XIX; la sociología científica sólo está empezando.

Los estadios en que ha tenido lugar la acumulación de conocimientos científicos y técnicos serán descritos en los siguientes capítulos, aunque no se discutirán en detalle. Esta es una tarea propia de un libro de historia de la ciencia, cosa que éste no pretende ser, aunque es - preciso decir que aún no está escrita una historia crítica de la ciencia que vaya más allá de los hechos del descubrimiento y llegue a preguntarse por sus razones. Aquí parece suficiente apuntar algunos de los principios generales que han presidido la construcción del edificio de la ciencia.

Esquema del progreso científico y técnico

En primer lugar, la historia muestra de modo definido el orden sucesivo en que las diversas regiones de la experiencia han ido entrando en el ámbito de la ciencia. Esquemáticamente es éste: matemática, astronomía, mecánica, física, química, biología, sociología. La historia de las técnicas muestra un orden casi inverso: organización social, caza, domesticación de animales, agricultura, alfarería, vestidos, metalurgia, vehículos y navegación, arquitectura, maquinaria, ingeniería. Es fácil ver la razón de esto: las técnicas nacen ante todo de la relación del hombre con su contorno biológico y sólo gradualmente pasan a dominar las fuerzas inanimadas. El orden real del desarrollo de las ciencias, por otra parte, no es fácil de explicar, Está condicionado, aunque sólo sea parcialmente, por dificultades internas. De hecho, como muestra la historia, las ciencias de las partes más complejas de la naturaleza, como la biología y la medicina, se han derivado directamente del estudio de su objeto, con poca ayuda y a

menudo muchos obstáculos del lado de las ciencias de las partes más simples, como la mecánica y la física. La sucesión temporal de las ciencias se ajusta más estrechamente a su posible utilidad práctica en interés de las clases dominantes o ascendentes de las distintas épocas. La regulación del calendario - que era una función sacerdotal- dio lugar a la astronomía; las necesidades de la nueva industria textil - que constituían el interés de la naciente manufactura del siglo XVIII- dio lugar a la química moderna.

Si del sentido general del progreso científico volvemos los ojos a las diversas fases del descubrimiento, advertiremos algunos esquemas generales. En algún campo específico pueden encontrarse largas cadenas de descubrimientos sucesivos; así, por ejemplo, los de la electricidad en el siglo XVIII, o los de la física atómica en el siglo XX. Por lo general esas largas cadenas empiezan y terminan en algún descubrimiento de crucial importancia que pone al descubierto nuevos sectores científicos. Esos descubrimientos muy frecuentemente tienen lugar por medio del examen conjunto de disciplinas consideradas hasta ese momento como distintas; así ocurrió, por ejemplo, en el caso del descubrimiento accidental de Oersted del efecto de la electricidad en un imán, o en el descubrimiento casual, por Pasteur, de la naturaleza asimétrica de las moléculas producidas por los organismos vivos, que encadenó la química y la bacteriología. De esas intersecciones de disciplina científica o de los descubrimientos de importancia suelen nacer dos o tres nuevas ramas que pueden continuar creciendo con nuevas cadenas de descubrimientos. El cuadro general, por consiguiente, toma la forma de un entrelazamiento indefinidamente complicado de descubrimiento y de investigación; se trata de algo parecido al antiguo quipu peruano, que expresaba mensajes por medio de series de nudos practicados en cuerdas que, a su vez, se anudaban complicadamente entre sí.

Función de los grandes hombres

Para el progreso de la ciencia son tan importantes las largas cadenas de investigación como los puntos de ruptura por descubrimientos de crucial importancia, pero mientras que los primeros son en su mayor parte fruto del esfuerzo de espíritus concienzudos pero corrientes, los últimos van unidos por lo general al nombre de los grandes científicos. Este hecho ha conducido a una concepción de la ciencia en que ésta aparece únicamente como fruto del trabajo de esos grandes hombres, quedando ampliamente al margen, por consiguiente, del efecto de los factores económicos y sociales. En la historia de la ciencia el mito de los «grandes hombres» ha ido mucho más lejos que en la historia política y social: muchas historias de la ciencia no son de hecho sino relatos acerca de los grandes descubridores que se han ido sucediendo en una más o menos apostólica revelación de los secretos de la naturaleza. Naturalmente, la existencia de grandes hombres ha tenido efectos decisivos en el progreso de la ciencia, pero sus realizaciones no pueden estudiarse aisladamente de su contorno social. En ese error se incide tan a menudo que con frecuencia se cree necesario recurrir, para explicar sus descubrimientos, a palabras como «inspiración» o «genio». De este modo los grandes hombres ven reducida su talla por los que son demasiado limitados o demasiado holgazanes para comprenderlos, pues el hecho de que aquéllos fueran hombres de su tiempo y que estuvieran sometidos a las mismas influencias formativas y sufrieran la misma coerción social que los demás hombres no hace más que acentuar su importancia. Cuanto más grande es un hombre más se sumerge en la atmósfera de su época. Sólo así puede abarcarla lo suficiente para alterar de un modo substantivo el esquema del conocimiento y de la acción.

Ningún gran hombre se basta a sí mismo en ningún terreno cultural, y mucho menos en la ciencia. No puede realizarse ningún descubrimiento efectivo sin el trabajo preparatorio de centenares de científicos menos imaginativos y comparativamente menores. Estos últimos van acumulando, a menudo sin comprender lo que tienen entre manos, los datos necesarios para que el gran hombre pueda realizar su obra. Los individuos humanos muestran un amplio campo de diversidad mental. Sólo unos pocos de ellos pueden contribuir a la ciencia, pero en nuestra época el número de los que tienen oportunidad de hacerlo es mucho mayor que en el pasado y seguramente lo mismo seguirá ocurriendo en el futuro próximo. Los seleccionados o autoseleccionados a causa de su interés por los asuntos científicos difieren entre sí en otros muchos aspectos. Eso da gran variedad a la ciencia, pero su unidad, igualmente necesaria, procede del control, consciente o inconsciente, que la sociedad ejerce sobre ella. Esta unidad de la ciencia socialmente impuesta es la que hace posible contemplarla como un esfuerzo de la cooperación humana por el hecho de comprender y controlar el mundo circundante.

1.4 LA CIENCIA COMO MEDIO DE PRODUCCIÓN

Las características señaladas en los apartados precedentes pueden ser útiles para una descripción de la ciencia como institución, como método o como suma creciente y progresivamente organizada de experiencias, pero no pueden explicar por sí mismas ni las grandes funciones que hoy corresponden a la ciencia ni las razones por las cuales nació originalmente como clase especial de actividad social. Esa explicación debe buscarse en el papel que la ciencia desempeñó en el pasado y continúa desempeñando hoy en toda forma de producción. La historia de la elaboración de los medios del control humano sobre el contorno orgánico e inorgánico, que será esbozado en los siguientes capítulos, muestra que tal cosa ha tenido lugar a lo largo de diversos estadios, cada uno de ellos caracterizado por la aparición de alguna nueva técnica material. Así, incluso en los términos de la arqueología (formulados por primera vez por Thomsen en 1836, si bien se basaba en tradiciones de gran antigüedad, pasando por Hesiodo y Lucrecio) describimos las sucesivas épocas mediante nombres de materiales: Edad de Piedra, Edad del Bronce, Edad del Hierro (y, sin embargo, hemos perdido la Edad de Oro). Podríamos continuar con las edades del vapor y la electricidad; ahora entramos en la era atómica o en la era espacial...

Sin embargo, los materiales en sí mismos carecen de uso humano; el hombre debe aprender a darles forma. Incluso el propio material original (*madera* -bosque- *hyle*) tiene que ser arrancado del árbol para poder hacer con él un garrote o un venablo. Las primeras técnicas, y con ellas las ciencias, nacieron de los modos de obtener y configurar los materiales para utilizarlos como instrumentos en la satisfacción de las necesidades humanas primarias. Una técnica es un modo de hacer algo aprendido individualmente pero garantizado socialmente; una ciencia es un modo de comprender cómo proceder para hacer mejor algo. Cuando en los capítulos siguientes empecemos a examinar con detalle la aparición de las diversas ciencias y sus estadios de crecimiento percibiremos con progresiva claridad que sólo evolucionan y se desarrollan cuando guardan una relación estrecha y viva con el mecanismo de la producción.

La historia de la ciencia muestra una notable desigualdad; a unos grandes brotes de actividad siguen períodos de escaso nivel hasta que se presenta un nuevo brote, a menudo en un país distinto. Sin embargo, el dónde y el cuándo de la actividad científica son poco más que accidentales: los períodos de florecimiento coinciden con el aumento de la actividad económica y con el progreso técnico. El trayecto seguido por la ciencia - de Egipto y Mesopotamia a Grecia, de la España Musulmana a la Italia del Renacimiento, de ahí a los

Países Bajos y a Francia para pasar luego a las Inglaterra y Escocia de la Revolución Industrial-, es el mismo que el del comercio y la industria. Antiguamente la ciencia seguía a la industria; ahora tiende a avanzar con ella y a guiar su avance a medida que se va comprendiendo claramente su lugar en la producción. La ciencia ha partido del pote y de la rueda llegando a la máquina de vapor y a la dinamo.

Entre los períodos de actividad hay épocas tranquilas, a menudo de degradación científica, como ocurrió en las últimas dinastías egipcias, en el período clásico tardío o a principios del siglo XVIII. Estas épocas coinciden, como veremos, con períodos en que la organización social se halla en una fase de estación o decadencia, de modo que la producción sigue líneas tradicionales y es visto con desdoro que un espíritu cultivado se preocupe por ellas.

La percepción de esa íntima relación entre ciencia y cambio técnico no puede explicar por sí misma el origen y el desarrollo de la ciencia; para ello necesitamos conocer los factores sociales que determinan los cambios técnicos. La relación inversa entre los factores técnicos de la sociedad es bastante obvia: en un período determinado el nivel técnico de la producción pone un límite a las posibles formas de organización social. No tiene sentido buscar un extenso estado nacional en la Edad de Piedra, en que la caza y la búsqueda de alimentos limitaban la unidad social real a unos pocos centenares de personas que vivían en un amplio territorio. Análogamente, la moderna civilización urbana no ha podido suscitarse hasta conseguir una combinación de adelantos técnicos e industriales que ha hecho posible mantener a la mayoría de la población apartada de la tierra.

Con todo, los cambios técnicos no están determinados simplemente por la organización social. Sería excesivo afirmar que la humanidad ha actuado siempre en el pasado como una unidad intelectual procurando constantemente utilizar los medios existentes para procurar lo mejor a todos los hombres y que ha buscado siempre los mejores medios para ampliar el dominio del hombre sobre la naturaleza. De hecho, como mostraremos más adelante, a lo largo de la mayor parte de la historia las mejoras técnicas se han suscitado más bien por el estímulo del provecho inmediato que podría reportar a algunos individuos o clases, a menudo en detrimento de los demás, y a veces, como en la guerra - que es una fuente perenne de ingenuidad- procurando su destrucción. La forma de la sociedad depende en último término de las relaciones entre los hombres en la producción y distribución de bienes, relaciones que se caracterizan siempre por la indebida superioridad del rico sobre el pobre y a veces, como en la esclavitud, por la compulsión directa de aquél sobre éste.

Como podrá advertirse (capítulo 12), estas *relaciones productivas*, que dependen técnicamente de los *medios de producción*, suscitan la necesidad del cambio de los propios medios de producción, dando lugar así al desarrollo de la ciencia. Cuando las relaciones productivas cambian rápidamente, como ocurre cuando una nueva clase alcanza una posición de poder, existe un incentivo especial para la introducción de mejoras en la producción que aumenten la riqueza y el poder de esa clase, de modo que la ciencia ve reconocida su particular importancia. Sin embargo, una vez que dicha clase ha llegado al poder y es lo suficientemente fuerte como para oponerse al advenimiento de un nuevo rival, su mayor interés reside en mantener el estado de cosas existente, de modo que las técnicas adoptan formas tradicionales y la ciencia pierde importancia. Naturalmente, este cuadro simplificado es por sí solo inadecuado para explicar en detalle el nacimiento de la ciencia. Descubrir por qué una ciencia determinada nace precisamente en un lugar o en una época requiere estudios mucho más detallados, de los que podrá encontrarse un esbozo en los siguientes capítulos. También será necesario poner de manifiesto la interrelación entre los factores materiales - disponibilidad de bienes como la madera o el carbón-, los factores técnicos - nivel de distribución de los conocimientos prácticos- y los factores económicos - oferta y demanda de

bienes y de trabajo- para explicar el nacimiento o la decadencia de la ciencia y, a su vez, sus efectos sobre la producción.

Carácter clasista de la ciencia primitiva

Punto básico para la distinción entre la ciencia como tal y las técnicas generalizadas que nacen de ella y a las que a menudo va unida, es que la ciencia es esencialmente una profesión culta. Se trata de algo registrado en libros y papeles, siendo, pues, cosa distinta de la enseñanza por el ejemplo práctico de los oficios tradicionales. En su sentido estricto, la ciencia ha sido desde un principio una ocupación limitada a las clases superiores o a una minoría de individuos afortunados a quienes se permitía acceder a ella en recompensa a su lealtad. Esta limitación ha tenido efectos diversos sobre el carácter de la ciencia. En primer lugar, ha retardado su desarrollo al excluir de sus tareas a la gran mayoría de personas de todas las clases bien dotadas naturalmente que hubieran podido contribuir a ella. Al propio tiempo, ha determinado que quienes se dedicaban a la investigación o experimentación científicas tuvieran muy poca relación, al menos hasta la época de la Revolución Industrial, con las artes prácticas, de modo que no podían saber, en cuestiones de ciencia natural, de qué estaban hablando. Y tampoco podían comprender, puesto que no las experimentaban, las necesidades prácticas de la vida corriente, faltándoles por consiguiente un estímulo que pudiera verse satisfecho mediante el uso de la ciencia.

Esta identificación de la ciencia con las clases dominantes y explotadoras ha engendrado, desde los primeros tiempos de la división en clases, acaecida cinco mil años antes de la aparición de las primeras ciudades, una profunda suspicacia contra la ciencia y contra la ilustración en general en el espíritu de los campesinos y, en grado menor, de las clases trabajadoras. Por bien intencionados que fueran los esfuerzos filantrópicos de los filósofos, la gente no podía menos que pensar que en la práctica redundaban en cambios que no les reportaban ningún bien y que, por el contrario, o bien esclavizaban todavía más a los seres humanos o bien les arrancaban su trabajo. Los primeros científicos fueron considerados como magos capaces de males ilimitados, y esta actitud persistió hasta el final de la época clásica, en que la creencia popular, aliada a menudo con la religión, se enfrentaba hosca y a veces violentamente con los filósofos, a los que identificaba, con cierta justicia, con los intereses de las clases superiores del odiado Imperio Romano. En la Edad Media la ciencia era algo que simplemente se toleraba, pero aún después de que volviera a renacer pudo observarse la misma reacción popular en los destrozadores de máquinas de la Revolución Industrial. Lo mismo se advierte hoy en las reacciones al último éxito científico, la bomba atómica. El efecto combinado de la ignorancia y el desprecio de la gente culta y de la suspicacia y el resentimiento de las clases inferiores ha sido, a lo largo de los siglos, el mayor obstáculo opuesto al libre desarrollo de la ciencia. La renuente y mal dispuesta cooperación ha sido sustituida finalmente por un intercambio libre y activo de conocimiento teórico y práctico que, como la experiencia de los países socialistas empieza a mostrar, puede incrementar enormemente el índice del progreso científico y técnico.

Esta crítica sólo es aplicable al carácter clasista de la separación de la teoría y la práctica, y no implica en absoluto desprecio alguno por la función de los hombres cultos en el progreso científico. El hecho de que la ciencia esté en manos de personas capaces de escribir, de tomar notas y de construir argumentaciones estrictas tuvo un valor inestimable para su desarrollo en ciertos períodos. La naturaleza en su conjunto, tomada en toda su crudeza y complejidad, es difícil de explicar en palabras corrientes. Ciertos mitos y rituales justificaron en su día

prácticas de probada utilidad que no podrían encontrar apoyo en el discurso iletrado. Incluso la ciencia formal primitiva, como pudo ser la que existió entre los griegos, era poco más que una mitología racionalizada. Algunos fragmentos de la ciencia, como el movimiento y las fuerzas simples, son susceptibles de una explicación puramente formal y cuantitativa. Los marinos sabían utilizar los remos y los comerciantes las balanzas mucho antes de que Arquímedes descubriera la ley formal de la palanca, pero esta ley hizo posibles nuevos inventos mecánicos que al hombre práctico jamás se le hubieran ocurrido y, lo que es más, fue un nuevo paso hacia delante, y muy importante, para la construcción de ulteriores generalizaciones en la mecánica y en la física de los tiempos de Galileo y Newton. Paso a paso los métodos racionales dejan de ser descripciones fenoménicas en lenguaje culto para convertirse en medios de generalizar y extender el dominio práctico de la naturaleza, en el campo químico y biológico primero y ahora en el terreno social.

Sin embargo, como se mostrará más adelante, los períodos de progreso científico más importantes y fructíferos han sido aquellos en que las barreras clasistas fueron destruidas cuando menos en parte, mezclándose igualmente los hombres prácticos y los ilustrados. Así ocurrió en el primer Renacimiento italiano, en la Francia de la gran Revolución, en América, a finales del siglo XIX, y, en sentido distinto y más completo, en las nuevas repúblicas socialistas de nuestros días.

La naturaleza clasista de la ciencia es tan universal que su mención en los círculos científicos suscita una asombrada sorpresa. La opinión admitida es que la tradición de la ciencia tiene vida propia, absolutamente independiente de las consideraciones económicas o políticas. Esto significa que el condicionamiento social, y particularmente el condicionamiento clasista de la tradición científica, es algo implícito que nunca aparece en la superficie. En nuestra época la ciencia se somete por primera vez a un análisis sobre la base de su carácter clasista. Buena parte de este análisis ha sido tosco y equivocado, confundiendo los resultados reales de la ciencia con las teorías generales construidas sobre ellos; sin embargo, es preciso que ese análisis continúe y sea mejorado y encauzado para que pueda conducir finalmente a un entendimiento más amplio de la ciencia y de la sociedad.

1.5 LA CIENCIA NATURAL COMO FUENTE DE IDEAS

Si bien la utilización práctica de la ciencia es a la vez fuente constante del progreso científico y garantía de su validez, este progreso consiste en algo más que un continuo perfeccionamiento de las técnicas. Parte igualmente esencial de la ciencia es la estructura teórica que enlaza sus resultados prácticos dándoles una creciente coherencia intelectual. La historia de la ciencia se escribía en el pasado y se escribe todavía hoy como si únicamente se tratara de la historia de tal o cual edificio del conocimiento. Eso sólo puede ocurrir si se dejan de lado todos los componentes materiales y sociales de la ciencia reduciéndola de este modo a una inspirada necesidad, como ya se ha dicho con anterioridad y se ilustrará ampliamente en el cuerpo de este libro.

Por otra parte, sería igualmente estúpido intentar dejar de lado la teoría, pues ésta desempeña en la ciencia un papel enormemente importante, y, en los tiempos más recientes, crecientemente positivo. En realidad, a lo largo de amplios períodos de la ciencia, el sentido general del trabajo ha estado condicionado por la verificación, y más frecuentemente aún por el intento de descalificación de la teoría como ha ocurrido, por ejemplo, en la biología de finales del siglo XIX con la verificación de la teoría de la evolución de Darwin, o en la

mecánica del siglo XVII con la falsificación de la física aristotélica. Existe, sin embargo, un peligro intrínseco en el desarrollo de esos campos autónomos y cerrados de esfuerzo científico. Si bien han partido originalmente de la práctica, tienden con el tiempo a divorciarse cada vez más de ella y a perder, a la vez que su propia utilidad, todo sentido de la dirección. En el pasado han acabado perdiéndose por lo general en docta pedantería, como sucedió con la física newtoniana en el siglo XIX, o sólo han podido revivir mediante un nuevo contacto con la práctica, como ocurrió a finales del siglo XVIII con la electricidad y el descubrimiento de la pila eléctrica.

La imagen convencional de la ciencia considera sus leyes y teorías como deducciones legítimas o lógicas de los hechos establecidos experimentalmente. De haberse tomado en serio esta limitación es dudoso que la ciencia hubiera podido siquiera llegar a existir. Las leyes, hipótesis y teorías científicas tienen una base mucho más amplia que los hechos objetivos que intentan explicar. Muchas de ellas reflejan parcial pero necesariamente la atmósfera intelectual no científica de la época, atmósfera que condiciona inevitablemente al investigador individual. El resultado es que los fenómenos de la naturaleza y de las artes manuales se interpretan en términos sociales, políticos o religiosos. Así, como veremos, la teoría de la inercia de Newton se basa en la prevalente interpretación racional de la religión, y la de la selección natural de Darwin en la opinión común de la justicia natural de la libre competencia.

Estas formas de pensar pueden conducir a veces a progresos científicos válidos, esto es, verificables prácticamente, pero a menudo, y especialmente cuando obtienen la aceptación general, constituyen un obstáculo para el descubrimiento científico mismo. La mayor dificultad del descubrimiento no está en las observaciones que es necesario realizar, sino que reside en romper las líneas tradicionales de su interpretación. Desde la época en que Copérnico estableció el movimiento de la tierra y Harvey la circulación de la sangre, descubrimientos echados por tierra cuando Einstein abolió el éter y Planck postuló el quantum de acción, la lucha real ha consistido menos en penetrar los secretos de la naturaleza que en derribar las ideas establecidas incluso aunque éstas hayan contribuido en su época al progreso de la ciencia. Este progreso depende, sin embargo, de la existencia continua de un cuadro tradicional o modelo de trabajo del universo parcialmente verificable, pero también parcialmente mítico en la medida en que las verificaciones son ilusorias o incluso erróneas. Por otra parte, es igualmente esencial que esta tradición, integrada como está (y debe estar siempre) por elementos extraídos de la ciencia y de la sociedad, pueda quebrarse continua y a veces violentamente para ser reconstruida a la luz de nuevas experiencias en los mundos material y social. **

En la hora actual atravesamos un período semejante. El gran papel que desempeña la ciencia en la economía de los países altamente industrializados ha coincidido, y no accidentalmente, con la extensión y profundización del conocimiento de los fenómenos naturales, donde sobresalen el descubrimiento de la estructura del átomo y el de los procesos químicos en los organismos vivos. Estos hechos han sometido a gran tensión las teorías científicas, resultando de ello una vertiginosa sucesión de teorías radicalmente nuevas, como las de la relatividad y la mecánica cuántica.

Al propio tiempo, y debido en buena parte a los mismos factores, han tenido lugar rápidas transformaciones políticas y económicas, empezando por la Unión Soviética y extendiéndose ahora por el resto del mundo, con una actitud radicalmente distinta respecto de las relaciones que guardan en la práctica la ciencia y la sociedad. Resultaba inevitable que esto tuviera un profundo efecto en la teoría científica, que está siendo sometida hoy a un análisis crítico a la luz de la filosofía marxista. En un capítulo posterior se discutirá este punto con algún detalle. El resultado de la combinación de estas influencias, interiores a la ciencia, es que nunca ha

existido período alguno en que sus fundamentos teóricos hayan sido puestos en cuestión tan ampliamente como en nuestros días.

Materialismo e idealismo

El carácter general de la discusión teórica sobre la ciencia no es, sin embargo, nuevo: como dejará ver claramente el estudio de su historia, desde el amanecer de la ciencia ha existido siempre una lucha, unas veces latente y otras activa, entre dos grandes tendencias opuestas: la una, formal e idealista; la otra, práctica y materialista. Veremos que este conflicto domina la filosofía griega, pero ha tenido que originarse mucho antes, a partir de la formación de sociedades clasistas, puesto que las afinidades sociales generales de ambos campos nunca se han puesto en duda.

El campo idealista es el campo del «orden», de la aristocracia y de la religión establecida; su campeón más esforzado es Platón. El fin de la ciencia es, según él, explicar por qué las cosas son como son y mostrar cuán imposible, cuán impío es esperar modificarlas en algo esencial. Según Platón, lo único que se necesita es evitar unas pocas imperfecciones, como la democracia, para que la república quede a salvo para siempre al cuidado de los guardianes, los «hombres del oro». Como la perfección de este estado de cosas tal vez no esté muy clara para los hombres de las clases inferiores, es necesario demostrarles el carácter ilusorio del mundo material y, consiguientemente, la irrealidad del mal que pueda haber en él. En ese mundo imaginario el cambio es un mal; lo ideal, lo bueno, lo verdadero y lo bello son algo eterno que está fuera de cuestión, y como resulta evidente que no son muy abundantes en la tierra debe buscárseles en un cielo perfecto. Esta concepción ha tenido una profunda influencia en el desarrollo de la ciencia, especialmente en la astronomía y en la física, e incluso hoy, en formas más sofisticadas y completas, existe una fuerte tendencia a adoptarla.

La concepción materialista, debido en parte a su naturaleza práctica y todavía más a sus aplicaciones revolucionarias, encontró durante siglos escaso apoyo en los círculos ilustrados formando parte raramente de la filosofía oficial. Algo de ella sobrevive, sin embargo, en el poema epicúreo de Lucrecio, *De Rerum Natura* (Sobre la naturaleza de las cosas), que muestra a la vez su poder y sus peligros para el orden establecido. Se trata esencialmente de una filosofía de los objetos y de sus movimientos, de una explicación de la naturaleza y de la sociedad desde abajo y no desde arriba; subraya la inagotable estabilidad del mundo material siempre en movimiento y del poder del hombre para cambiarlo a partir del conocimiento de sus leyes. Los materialistas clásicos no podían ir mucho más lejos, debido, como veremos, a su alejamiento de las artes manuales. Tampoco pudo hacerlo más tarde el gran reformulador del materialismo, Francis Bacon. Pero cuando la Revolución Industrial se puso en marcha la ciencia se hizo materialista en la práctica pese a que continuara rindiendo tributo al idealismo por razones políticas y religiosas. Mediado el siglo XIX el propio materialismo se había convertido en algo filosóficamente inadecuado por su incapacidad de enfrentarse a la sociedad y a sus transformaciones, dando cuenta así de la política y de la religión. Su ampliación y transformación para hacerlo susceptible de incluir estas últimas fue obra de Marx y sus seguidores. El nuevo materialismo dialéctico, que dio sus primeros frutos en los terrenos económico y político, sólo ahora está empezando a entrar en la esfera de las ciencias naturales.

La lucha entre las tendencias materialista e idealista en la ciencia ha sido nota característica de la historia de ésta desde sus principios. El idealismo de Platón responde de algún modo al materialismo de Demócrito, el fundador de la teoría atomística. En la Edad Media, Roger Bacon atacaba la prevalente filosofía platónico-aristotélica al defender una ciencia presidida

por la utilidad práctica, siendo encarcelado por sus trabajos. En la gran lucha del Renacimiento por crear la moderna ciencia experimental, el primer enemigo fue el formalismo aristotélico apoyado por la Iglesia, y la misma oposición puede encontrarse en la guerra entre ciencia y religión mantenida el pasado siglo a propósito de la evolución darwiniana. La persistencia de la lucha, a pesar de las sucesivas victorias logradas por la ciencia materialista, muestra que no es esencialmente científica o filosófica: se trata, diversamente, de un reflejo en términos científicos de las luchas políticas. La filosofía idealista se ha invocado en todo momento para sostener que el descontento actual es ilusorio y justifica de este modo el estado de cosas existente. La filosofía materialista, en cambio, se ha basado siempre en la prueba práctica de la realidad y en la necesidad del cambio.

1.6 INTERACCION DE CIENCIA Y SOCIEDAD

Hemos completado así esta breve ojeada a los aspectos generales de la ciencia, contemplándola como institución, como método y como una tradición acumulativa de conocimientos, habiendo descrito también sus relaciones con la producción y con la ideología general. Ahora debe estar claro, sin necesidad de una definición, lo que se entiende por ciencia para los propósitos, de este libro. Al mismo tiempo, parece excesivo pedir al lector que acepte las conclusiones formuladas o implicadas en estas secciones sin ulterior prueba. Función del resto del libro el proporcionarlas. En realidad, sólo a partir de un examen detallada de la interacción de la ciencia y la sociedad a lo largo de la historia podemos empezar a comprender qué significa la ciencia y qué puede reservarnos su futuro.

De hecho, ciencia y sociedad actúan recíprocamente una sobre otra en gran número de modos diversos; la tendencia a cargar el acento sobre uno u otro ha suscitado buena parte de la reciente discusión acerca de sus relaciones mutuas. Lo normal es empezar por la influencia de la ciencia en la sociedad: se piensa en un descubrimiento importante, como el de las ondas electromagnéticas, previsto primero teóricamente, luego comprobado en los laboratorios científicos, a continuación experimentado técnicamente y por fin, como la radio, formando parte de nuestra vida diaria. Pero éste no es el único modo en que la ciencia se desarrolla y afecta a la sociedad; no es siquiera el más importante. Lo corriente es que el científico comience advirtiendo el éxito o fracaso de algún artificio práctico. Luego, desinteresadamente o deseando mejorarlo, investiga en él, descubriendo a veces cómo hacerlo funcionar o a menudo algo muy distinto. De hecho puede llegar a crear una nueva rama de la ciencia: así, la termodinámica partió del estudio de la máquina de vapor. Aquí lo importante es que la experiencia práctica común funciona como un motor, por decirlo así, del interés científico, de modo que puede seguirse el progreso de la ciencia en términos de los campos de interés general técnico y económico sucesivamente cambiantes.

Este libro no pretende ser una historia de la ciencia. Su objeto es fundamentalmente la interacción de ciencia y sociedad, y si hay en él lícito desequilibrio éste se halla más bien del lado de la influencia, tema sobre el cual se ha escrito ya bastante. Sin embargo, los efectos de la ciencia en la historia humana se han descuidado mucho en el pasado o, por lo menos, se han tratado de un modo superficial o erróneo. Tal cosa se debe a que los historiadores profesionales no han tenido casi nunca la cualificación necesaria para explicar o siquiera dar

noticia de las contribuciones y la influencia de la ciencia, en tanto que, por otra parte, los historiadores de la ciencia se han ocupado muy poco de las grandes consecuencias históricas del desarrollo del conocimiento de la naturaleza. En las historias oficiales ha existido siempre una tendencia a considerar el *estado de la ciencia*, al igual que el de la literatura y el arte, como una especie de apéndice cultural del enfoque político, o en la actualidad acentuadamente económico, de cada período histórico. En vez de esto lo que se necesita es una discusión de las aportaciones de la ciencia a la técnica y al pensamiento que encuentre su inserción en el cuerpo real de la narración. En la medida en que no se ha llegado a ello el carácter *histórico* esencial - es decir, el elemento progresivo e irrepetible- está ausente de la exposición de la historia. En su lugar encontramos una suma de relaciones personales e institucionales de la sociedad que no indica por qué no se repiten indefinidamente con variaciones. Puesto que las características claramente progresivas no pueden ocultarse, el historiador científico puede negarse de plano a explicarlas o bien dar una explicación mística basada en la divina providencia o en una presunta ley del desarrollo y decadencia de la civilización del tipo sugerido por Spengler y Toynbee. Sólo a la luz de la ciencia podemos comprender el carácter irreversible y generador de novedad de los sucesivos pasos adelante característicamente *históricos*.

Como ya se ha indicado y se mostrará en detalle en los siguientes capítulos, la ciencia influye en la historia de dos maneras generales: en primer lugar, por los cambios que suscita en los métodos de producción, y a continuación, de un modo más directo pero menos importante, por medio del impacto de sus descubrimientos e ideas en la ideología de la época. El primero de estos modos fue el que condujo al nacimiento de la ciencia a partir de la técnica, por una parte, y al de la religión por otra. Una vez que se ha encontrado un modo de mejorar las técnicas, siquiera en una esfera limitada, mediante la utilización de un pensamiento organizado, ordenado por la lógica y verificado por la experimentación, queda abierto el camino para una influencia indefinida de la ciencia en los métodos de producción; éstos, a su vez, afectan a las relaciones productivas, teniendo por ello una enorme influencia en los acontecimientos políticos y económicos.

El segundo modo de influencia de la ciencia, por medio de sus ideas, es cuando menos antiguo. Una vez que han sido formuladas, las ideas científicas se integran en el fondo común del pensamiento humano. Las grandes revoluciones que en la concepción humana del universo, y del lugar y la función que en él corresponden al hombre, han tenido lugar en la antigüedad, durante el Renacimiento y en la época moderna, se deben, en gran medida, a la ciencia. El nuevo reino de la sencilla ley natural inaugurado por Galileo y Newton parecía justificar, al mismo tiempo, el retorno a un simple deísmo en materia religiosa, el *laissez faire* económico y el liberalismo político. La selección natural de Darwin, pese a haberse originado a partir de esa ideología liberal, fue utilizada a su vez para justificar la más cruda explotación y sujeción racial según el principio de la supervivencia del más fuerte. Por el contrario, una comprensión más profunda de la evolución ha servido para hacer claro el camino por el cual, a través de la sociedad, el hombre puede trascender los límites biológicos de la evolución animal y lograr una evolución social más profunda dirigida conscientemente.

El conocimiento y el método científico afectan por caminos menos directos el modelo general del pensamiento, la cultura y la política. La ciencia se está convirtiendo en una función humana distinta de las demás aunque estrechamente emparentada con ellas. La diferencia reside únicamente en que siendo más reciente, se encuentra en una activa fase de desarrollo hallándose desequilibrada su posición respecto de resto de la sociedad. La ciencia tiene ante sí un largo camino a recorrer para que su influencia en los asuntos humanos alcance su plenitud.

A lo largo de este libro nos ocuparemos más de las ciencias naturales que de las sociales, a excepción de dos capítulos (12 y 13) dedicados a estas últimas. Esto se debe a que la discusión de las relaciones de los hombres en la sociedad, que es casi el más antiguo campo de conocimiento humano, sólo muy recientemente y por influencia del marxismo ha conseguido desprenderse de impedimentos mágicos y religiosos. En tiempos más recientes como veremos, las nascentes ciencias sociales casi se han visto a la impotencia por el temor a que pudieran ser utilizadas para analizar y alterar las bases políticas y económicas del capitalismo. Lo último se debe en parte a que los cambios sociales, suscitados por el efecto de las ciencias naturales en el modo de producción, nunca han sido comprendidos ni planificados, y a menudo se han seguido de ellos resultados desastrosos. Solamente mediante la soldadura de una ciencia social auténtica con la ciencia natural puede quedar garantizado un control social satisfactorio y progresivo de las actividades sociales.

La humanidad ha tenido siempre una «Gran Tradición» que constituye la base por la que las diferentes épocas han intentado discernir los principios de la creencia acertada y la conducta recta. Esa tradición, que se ha ido formando desde la oscuridad de la prehistoria, es esencialmente unitaria aunque puedan distinguirse ramas parcialmente independientes en los países mediterráneos, en la India o en China. El desarrollo y las modificaciones de esta gran tradición no pueden comprenderse sin la ciencia, pero, análogamente, la ciencia no puede ser comprendida si no se la considera como parte natural de esa tradición común.

Este libro intenta ilustrar, por medio de una consideración de los diferentes períodos y ciencias, el lugar genérico de la ciencia en la historia cultural. Según el plan reseñado en el prefacio seguiremos a escala siempre creciente y cada vez con más detalles todo el curso de la ciencia, desde su aparición hasta nuestros días. Cuando haya concluido el relato será fácil comprender las abstractas y esquemáticas relaciones esbozadas en este capítulo y comprobar que se suscitan de un modo natural a partir de la experiencia real de la historia humana.

Notas

* La distinción entre los dos modos, el artístico y el científico, se remonta hasta muy lejos si seguimos la línea de ideas sugerida por el Profesor Haldane y los experimentos sobre comunicación animal. El modo artístico parece ser el más primitivo, prehumano y casi presocial. El uso mágico del lenguaje, para provocar acciones, es empleado por los pájaros. Con él revelan su propio estado emotivo interno o su preparación para la acción, y frecuentemente es suscitado por acontecimientos del mundo exterior, aunque ese lenguaje no describe en absoluto tales acontecimientos. Este es, según Haldane, el criterio del verdadero lenguaje humano, en el que un elemento descriptivo científico se superpone a una llamada mágica a la acción. Ambos modos se compenetran muy gradualmente. «¡Vamos a pescar! sigue siendo todavía una expresión del modo artístico-mágico. «En ese lago el año pasado hubo muchos peces», que puede seguir a la anterior, se produce en el modo científico-indicativo. Estas consideraciones son muy generales. Dar una definición precisa del arte, o de la ciencia no tiene mucho sentido. Ambos han evolucionado, en el curso de la historia, de manera autónoma. Una novela tiene más afinidad con una tesis científica que con una danza ritual primitiva.

** Esta parece ser también la opinión del famoso historiador de la ciencia Thomas S. Kuhn. En *The Structure of the Scientific Revolutions* destaca éste lo que llama «paradigmas», o

cuerpos de opiniones más o menos consistentes como las de Aristóteles o Galileo, cada uno de los cuales perdura en un determinado campo hasta ser destruido y sustituido por otro. A pesar de que según mi modo de ver se ha dedicado excesivamente al contenido ideológico de la ciencia, y por lo tanto poco a los factores tecnológicos, esta concepción dialéctica - pero no marxista, al menos expresamente- de la historia de la ciencia coincide ampliamente con la mía y está apoyada por una masa enorme de pruebas históricas.