

en las innovaciones tecnológicas, a partir de la Revolución Industrial del último tercio del siglo XVIII. Creación y desarrollo de las industrias química y eléctrica, con base en la investigación científica. Revolución Científica y Tecnológica actual. Influencia recíproca entre la tecnología y la ciencia. Distinción entre la investigación fundamental, la aplicada y la tecnológica; y sus interrelaciones. La investigación tecnológica como adaptación sistemática de los resultados obtenidos en la investigación aplicada, conjugados con los conocimientos empíricos, con vistas a la producción y el empleo de nuevos materiales, aparatos, métodos o procesos en la industria, la agricultura, la medicina, etcétera, incluyendo el funcionamiento de máquinas prototipos y de instalaciones pilotos. Aspectos teóricos y experimentales de la tecnología. Metodología tecnológica. Condiciones peculiares de la investigación tecnológica: importancia acentuada de la práctica, experimentación por medio de una serie de dispositivos construidos a escalas crecientes, flujo uniforme de mediciones típicas, evaluación determinada inflexiblemente por los costos de producción, plazo fijo para su realización, resultados inmediatamente utilizables, innovaciones industriales negociables y protegidas por el secreto, la patente registrada y el "saber hacer". Propósitos convenientes para encauzar el desenvolvimiento de la tecnología en México. Posibilidades de asimilación de las innovaciones tecnológicas y criterios para seleccionarlas. Adaptación de tecnologías importadas y desarrollo parcial de sus variantes. Impulso a la investigación tecnológica en México.

## APENDICE B

EL METODO COMO VINCULO ENTRE  
LA CIENCIA Y LA FILOSOFIA<sup>1</sup>

Eli de Gortari

Instituto de Investigaciones Filosóficas  
Universidad Nacional Autónoma de México

Las relaciones entre la ciencia y la filosofía son muy estrechas y así lo han sido siempre. En realidad, el conocimiento científico de la naturaleza y la reflexión filosófica sobre ese conocimiento, surgieron sincrónicamente en la historia y tuvieron su primer exponente reconocido en Tales de Mileto, quien hizo la predicción de un eclipse de Sol, encontró la demostración de un teorema geométrico y estableció una concepción racional del universo, considerando al agua como el elemento primordial de lo existente. A partir de entonces, la filosofía y la ciencia se han desarrollado tanto paralelamente como en serie, aun cuando no siempre se muestren de manera ostensible sus muchos vínculos mutuos; inclusive, en ciertos periodos de sus respectivos desenvolvimientos, dichos nexos han carecido de armonía y hasta han resultado antagónicos. Sin embargo, en las mejores épocas de su historia, cuando la ciencia y la filosofía se desarrollan con mayor vigor, entonces también se hacen más estrechas y numerosas sus relaciones, a la vez que se vuelven más aparentes y que su necesidad recibe un reconocimiento general. Así ha sucedido durante la Antigüedad clásica griega, en el Renacimiento, con el advenimiento de la Revolución Industrial y en el transcurso de la revolución científica, tecnológica y social en cuyo umbral nos encontramos actualmente.

En su gran mayoría, las relaciones entre la ciencia y la filosofía son recíprocas, aunque no siempre posean simetría; unas veces son relativamente simples y otras mu-

<sup>1</sup> Ponencia presentada en el Primer Coloquio Nacional de Filosofía, 4-9 de agosto de 1975, en Morelia, Mich. (Sección I: La Filosofía y la Ciencia). [Tomado de *Cathedra*, Revista de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Núm. 3, diciembre de 1975, págs. 13-221.

cho más complicadas; algunas de ellas se muestran perspicuamente, mientras que hay otras difíciles de desentrañar; a veces se destacan con precisión y certidumbre, pero otras veces su determinación se hace incierta y difusa; en fin, de esas relaciones unas son directas, en tanto que otras son indirectas, es decir que operan a través de un medio que funciona como relacionante. En lo que sigue vamos a ocuparnos particularmente de una relación de este último tipo, como lo es el método, que constituye un vínculo entre la ciencia y la filosofía. Como vamos a ver, se trata de un vínculo denso, muy activo y que produce una multitud de efectos recíprocos, tanto en la una como en la otra.

El hecho de que el método se encuentre *entre* la ciencia y la filosofía tiene varias implicaciones. Desde luego, se trata de una propiedad que es análoga a las propiedades topológicas de la geometría, incluyendo sus consecuencias. En efecto, como es sabido, cuando un punto *A* de una superficie se encuentra colocado *entre* otros dos puntos *R* y *S*, entonces tal ubicación es invariante ante todas las transformaciones geométricas continuas que pueda sufrir la superficie en cuestión, de tal manera que el punto *A* seguirá estando *entre* los puntos *R* y *S*, independientemente de los acortamientos, alargamientos, encorvamientos y otras deformaciones cualesquiera que puedan experimentar las líneas que unen a dichos puntos. Análogamente, la ubicación del método *entre* la ciencia y la filosofía es también una propiedad invariante ante todos los cambios que puedan padecer la filosofía, la ciencia y el propio método en su desarrollo histórico, mientras no se produzca una ruptura —la cual sería una transformación discontinua— de la ciencia con la filosofía o de alguna de ellas con el método. En ciertos intervalos, el desarrollo de la filosofía lleva el mismo paso y se produce en la misma medida en que la ciencia avanza. Pero, en algunos periodos, el quehacer filosófico se rezaga con respecto a la actividad científica; y, en otras épocas, la ciencia es la que se retrasa en comparación con la filosofía. Tales situaciones provocan, a veces, distanciamientos relativos y, en otras ocasiones, acercamientos estrechos entre la filosofía y la ciencia. Más todavía, hay veces en que la actividad científica se conjuga enteramente con la filosofía para la ejecución de ciertas tareas concretas. Sin embargo, lo más frecuente es que exista una interacción entre la ciencia y la filosofía, de tal

modo que las respectivas acciones se transfieran continuamente de la una a la otra, por intermediación del método.

La ciencia produce explicaciones objetivas y racionales del universo. Las explicaciones científicas determinan las diversas formas en que se manifiestan los procesos, distinguen las fases sucesivas y coexistentes observadas en su desarrollo, desentrañan sus enlaces internos y sus nexos externos, ponen al descubierto las acciones recíprocas entre los procesos y encuentran las condiciones y los medios necesarios para conseguir la intervención humana en el curso de los propios procesos. Dichas explicaciones son objetivas porque representan a las formas de existencia de los procesos y constituyen, en rigor, los reflejos mentales obtenidos de los procesos conocidos y explicados; y es debido a esta condición impuesta por la existencia objetiva sobre nuestros conocimientos, que éstos pueden ser verificados por cualquier sujeto en todo momento. Por su carácter racional, las explicaciones científicas encuentran las conexiones que son posibles entre todos y cada uno de los conocimientos adquiridos y, luego, cuando tales conexiones racionales son comprobadas experimentalmente, se convierten en conocimientos objetivos y representan entonces a los enlaces reales que existen entre los procesos. El universo comprende a todos los procesos que existen de manera independiente a cualquier sujeto en particular y al modo como éste los conozca o se los imagine. Y en este conjunto universal de todo lo que existe objetivamente, queda incluido el hombre como una de sus partes integrantes. Dentro de esa caracterización común a todas las disciplinas científicas, cada ciencia tiene un dominio particular. En cada caso, los dominios particulares corresponden a un nivel de la existencia, a una propiedad universal, a una actividad humana, o bien, a un grupo específico de propiedades dentro de un dominio más amplio. Cada nivel de la existencia se encuentra constituido por ciertos procesos que tienen propiedades peculiares y cuyo comportamiento se encuentra gobernado por determinadas leyes. Así por ejemplo, la física de las partículas elementales estudia el nivel de las interacciones que se producen entre los fotones, electrones, mesones, protones, neutrones e hiperones; mientras que la química investiga el nivel de las reacciones que se ejercen entre los átomos y producen, como consecuencia, las composiciones y las

desintegraciones moleculares. En cambio, la geometría estudia una propiedad que es común a todos los procesos y que se manifiesta en todos los niveles de la existencia, como lo es el espacio. Otras veces, el dominio de una disciplina se encuentra determinado por alguna de las actividades humanas, como ocurre con la economía política, que estudia el desarrollo de las relaciones sociales de producción. En fin, dentro de cada ciencia resulta pertinente establecer también subdivisiones en su dominio, siempre de acuerdo con las características de los procesos estudiados, constituyéndose así las distintas ramas de una ciencia, como son por ejemplo la anatomía, la fisiología, la histología y la embriología, con respecto a la biología.

Por su parte, la filosofía desentraña la generalidad de los descubrimientos logrados por las disciplinas científicas. Su dominio particular es el conocimiento de lo general, es decir, de lo que es común a todos los procesos. Dentro de su actividad, la filosofía se ocupa de integrar y estructurar la concepción del universo, de interpretar la vida humana y de formular sistemáticamente los medios de adquirir el conocimiento. Para integrar la concepción del universo, la filosofía ordena los resultados científicos, hace una interpretación crítica y armoniosa de ellos y estructura, luego, la síntesis que representa la imagen racional y objetiva que tenemos del universo. Esa síntesis es un conocimiento nuevo, que supera y enriquece los resultados y experiencias parciales tomados de las otras ciencias, porque en el conjunto del universo se manifiestan otras propiedades que no existen en sus partes y es justamente la filosofía la que realiza la tarea de encontrarlas y de ponerlas en claro. Por otra parte, la filosofía indaga y descubre las distintas modalidades que el hombre impone a sus actividades, incluyendo su trabajo, su conciencia y su reflexión. También investiga las conquistas logradas por el hombre en su creciente dominio sobre la naturaleza y la sociedad, estudia las divergencias entre sus anhelos y las condiciones reales de su existencia, esclarece cuáles son las fuerzas que lo impulsan al progreso, pone al descubierto los obstáculos por vencer, planea los medios necesarios para superarlos y encuentra las maneras de llevarlos a la práctica. En ese sentido, el hombre intenta alcanzar la universalidad, basada en la humanización de la naturaleza y la sociedad. En forma semejante, la filosofía estudia las actividades teóricas y prácticas que el hom-

bre realiza para adquirir los conocimientos científicos. Con fundamento en ese estudio, formula luego sistemáticamente los métodos de la investigación científica, de una manera rigurosa y eficaz. Después, desarrolla y generaliza tales métodos, poniendo de manifiesto la riqueza de sus posibilidades y las formas específicas de su aplicación. Y, una vez que los métodos quedan comprobados en la experiencia, los convierte en instrumentos eficaces para las investigaciones que se emprenden en todas las ciencias.

La investigación científica tiene como fundamento un marco filosófico en el cual se apoyan reiteradamente sus pasos alternados, teóricos y experimentales. Al propio tiempo, en la actividad científica se hace una aplicación constante de una disciplina filosófica, como es la lógica. Igualmente, las implicaciones que se desprenden de los nuevos conocimientos científicos son de un carácter netamente filosófico. En fin, la concepción del mundo y de la vida humana, estructurada con base en los elementos aportados por las ciencias, es establecido por la filosofía. Y, luego, las modificaciones, ajustes y refinamientos que esa concepción va requiriendo con los avances científicos, también son otras tantas tareas filosóficas. De esa manera, el contenido filosófico de la ciencia es inherente a ésta y constituye su cimiento, la trama de su estructura, la orientación metódica de sus avances y la interpretación de conjunto de sus consecuencias. Por eso se puede decir que la ciencia tiene una textura filosófica, de la cual participan todos sus elementos. Esa textura filosófica de la ciencia se aprecia mejor cuando se la examina en su actividad, aun cuando también se pone claramente de manifiesto en el sistema formado acumulativamente por los conocimientos ya comprobados. Por otra parte, la filosofía analiza cada uno de los pasos que se dan en el descubrimiento, la invención y la creación científica, lo mismo que en la formulación de las teorías explicativas, en sus correspondientes demostraciones y verificaciones experimentales, y en las exposiciones que se hacen de los resultados obtenidos para comunicarlos a los otros investigadores. A este respecto, la filosofía viene a ser la conciencia de la ciencia. Pero hay que tener cuidado de que no resulte ser una falsa conciencia o, peor todavía, que no venga a parar en ser la conciencia de una falsa ciencia.

En su actividad, los investigadores científicos ejecutan muchas operaciones mentales y manuales, por medio de

las cuales descubren la existencia de nuevos objetos, conocen sus distintos aspectos, determinan sus vínculos internos y externos, comprueban o modifican las conclusiones previstas y encuentran las maneras de intervenir en el desarrollo de los procesos naturales y sociales para cambiar, consecuentemente, sus efectos. Dichas operaciones son muy semejantes a las que se practican cotidianamente por todos los hombres y sus diferencias más notables consisten en que se ejecutan con mucho mayor rigor, en condiciones determinadas con gran precisión y que se encuentran bajo el control del investigador. El método científico es una abstracción de las actividades que los investigadores realizan, concentrando la atención exclusivamente en los procesos de adquisición del conocimiento, desentendiéndose del contenido particular de los resultados obtenidos, salvo por el hecho de que sean válidos.

La formulación del método científico se consigue mediante: 1) el análisis penetrante de la actividad científica, determinando con precisión sus diversos elementos; 2) el estudio sistemático de las relaciones que vinculan a dichos elementos, tanto las comprobadas como las posibles; 3) la estructuración ordenada y armoniosa de esos elementos y sus relaciones, para reconstituir las operaciones metódicas en un nivel más amplio y elevado; y, 4) la generalización de los procedimientos metódicos surgidos dentro de una disciplina, poniendo al descubierto las posibilidades de su aplicación en otros dominios.

Manteniendo su unidad general, el método científico se particulariza en tantas ramas como disciplinas científicas existen y, dentro de ellas, todavía se especializa hasta llegar a singularizarse. Al propio tiempo, dentro del método quedan incluidos todos los procedimientos que se aplican en la obtención y la constitución del conocimiento: las secuelas generales y sus caracterizaciones específicas, las operaciones indagadoras, las diversas maneras de conjeturar, anticipar, inventar e imaginar, las ilaciones demostrativas, las técnicas de experimentación y las formas de exposición. Por otra parte, el método comprende tres partes que son inseparables, pero que se pueden distinguir: la investigación, la sistematización y la exposición. Los procedimientos de investigación permiten descubrir nuevos procesos y adquirir conocimientos nuevos sobre procesos ya conocidos de otro modo. En esta fase se pueden discernir tres fases importantes: a) la que desemboca en la an-

ticipación de descubrimientos, en la invención o en la creación por medio de la imaginación científica, que es el *ars inveniendi*; b) la que conduce a la formulación de conjeturas y lleva a resolver los problemas siguiendo caminos abreviados o atajos, que es el *ars conjecturandi*; y, c) la que consiste en la investigación propiamente dicha, que es el *ars pervestigandi*. La sistematización permite enlazar los nuevos conocimientos con el conjunto de los conocimientos anteriores, o sea, su inserción en el sistema científico, mediante el *ars probandi*. En fin, a través del método del discurso científico o *ars disserendi*, el investigador expone aquello que ha logrado descubrir, después de sistematizarlo e interpretarlo, para comunicarlo a los otros científicos y, a la vez, ofrecerlo a su crítica.

Podemos esbozar el proceso de la investigación científica, desplegándolo en las siguientes etapas principales: 1) el surgimiento de un problema; 2) la revisión de los conocimientos anteriores que sean pertinentes y la comprensión cabal de ellos; 3) el planteamiento claro y distinto del problema; 4) la búsqueda de su solución, incluyendo su explicación posible como una hipótesis; 5) la predicción de las consecuencias de la hipótesis; 6) la planeación del experimento; 7) el diseño del experimento, incluyendo el método adecuado; 8) la ejecución del experimento, aplicando rigurosamente el método; 9) la obtención de un resultado que sea comprobable o demostrable, o bien, ambas cosas; 10) la demostración o la verificación experimental del resultado; 11) la interpretación del resultado en los términos de la teoría correspondiente; 12) la inserción del resultado en el sistema de los conocimientos adquiridos; 13) la indagación de algunas de las consecuencias implicadas por el resultado; y, 14) el surgimiento de nuevos problemas. En todo caso, se trata de una actividad cíclica, tanto porque de los resultados se desprenden nuevas hipótesis, iniciándose así un nuevo ciclo, como porque cada una de las fases puede dar lugar a indagaciones epíclicas, en las cuales se repiten las fases anteriores.

En la realización de cada una de las etapas que acabamos de señalar, aparece la textura filosófica de la ciencia. En efecto, los problemas científicos surgen dentro del contexto formado por la concepción del mundo establecida por la filosofía, inclusive en aquellos casos extremos en que el problema consiste en poner en crisis dicha concepción, ya sea contradiciéndola o llevándola a un calle-

jón sin salida. Por otra parte, los conocimientos que son revisados y cuya comprensión se profundiza, con vistas a establecer un planteamiento claro y distinto del problema, se encuentran impregnados del contenido filosófico de la ciencia. El planteamiento mismo del problema requiere del ejercicio acertado de la imaginación racional. La búsqueda de la solución y la formulación de la hipótesis, se rigen por las reglas metodológicas. La predicción de las consecuencias constituye una aplicación de la imaginación creadora, guiada por las reglas de la lógica. La planeación del experimento requiere la determinación previa de las condiciones en que se puede provocar el surgimiento o la presencia del proceso en cuestión, de los medios para mantener el control de esas condiciones y de los procedimientos para observar y medir el comportamiento del proceso. El diseño del experimento comprende la especificación de los materiales, aparatos, instrumentos y dispositivos que se necesitarán, del personal científico y técnico que intervendrá y de las maneras concretas en que participará. La ejecución implica la realización de una predicción y su cumplimiento, dentro de condiciones controladas. La obtención del resultado es una consecuencia del acierto que se haya tenido al imaginar la solución y, conjuntamente, de haber sabido inventar luego los caminos para llegar a ella, trazándolos diestramente y recorriéndolos de manera estricta. Las demostraciones y las verificaciones experimentales se ejecutan conforme a los procedimientos desarrollados por la lógica. La interpretación de los resultados obtenidos es una tarea decididamente filosófica, por más que sean los científicos quienes la realicen. Los resultados ya interpretados se insertan en el sistema de la disciplina respectiva, mediante sus relaciones lógicas con los otros conocimientos ya sistematizados. Para la indagación de las consecuencias implicadas se recurre de nuevo a la concepción filosófica del mundo y se utilizan las reglas que sirven para el establecimiento de hipótesis. En fin, el surgimiento de nuevos problemas vuelve a ser una tarea impregnada por la filosofía.

El primer hilo de la vinculación entre la ciencia y la filosofía, a través del método, es de índole genética y estriba en que el método es elaborado originariamente al irse realizando la actividad científica. Una vez que se tiene definido el propósito de una investigación, se diseña un plan para alcanzarlo, que viene a ser el camino que lle-

vará hasta esa meta. Naturalmente nadie emprende una investigación sin tener experiencias previas, ya sean adquiridas por cuenta propia o por cuenta ajena; y, por lo tanto, en el diseño del plan figuran algunos métodos ya probados, aunque muchas veces sea necesario introducir en ellos algunas modificaciones. Desde luego, al llevar el plan a su ejecución, se advierte que nunca se trata de un camino recto, que la ruta trazada tampoco es inmutable y que nunca se encuentra proyectado en todos sus detalles el camino para una investigación en particular. En cierto modo, el método es un camino que se va haciendo, o completando al menos, cuando se recorre específicamente al realizar cada investigación. En todo caso, al concluirse una investigación, además de recogerse el fruto de conquistar un nuevo conocimiento, se obtiene una verificación concreta de la eficacia del método empleado. Y, en cuanto un método, o una nueva variante de un método, muestra su eficacia en una actividad científica consumada, se convierte en materia de reflexión filosófica.

El examen crítico de la ciencia es realizado por la filosofía, ante todo con respecto a los conocimientos científicos ya comprobados, esto es, en relación con los productos acabados resultantes de la investigación. Se trata, por lo tanto, de los conocimientos seguros y de los procedimientos igualmente garantizados que han conducido a su obtención. Sin duda, dicho examen es necesario para fincar las bases de la interpretación filosófica de tales conocimientos. Más todavía, como consecuencia de ese mismo examen se advierte cómo la parte más activa de cualquier conocimiento logrado viene a ser justamente el método utilizado, porque es la parte que viene a ser susceptible después de coayudar a la realización de nuevas investigaciones y, por ende, a la obtención de otros conocimientos. Entonces, se destaca claramente la importancia que tiene para la filosofía practicar el examen crítico de la actividad científica en el proceso de su desarrollo, y no solamente en lo que se refiere a sus resultados. En cuanto a la ciencia, dicho examen filosófico de su misma actividad es más importante aún, porque viene a descubrir al científico algunos aspectos que no se le muestran netamente al estar ejerciendo su actividad. Tal vez por eso es que resulta muchas veces tediosa la filosofía de la ciencia para el investigador científico, puesto que trata principalmente de los problemas ya resueltos para éste, de

los datos conocidos y de las teorías aceptadas. De lo que se trata, en rigor, es de examinar la práctica de la investigación científica, pero no limitándola a una reflexión posterior a su ejecución, sino de hacerla justamente cuando esa actividad práctica se está realizando. En esas condiciones es que se puede conseguir la relación óptima entre la ciencia y la filosofía, a través del vínculo constituido por el método en actividad. Lo cual implica, necesariamente, que el científico asuma parcialmente la función del filósofo, al mismo tiempo que éste proceda, también en parte, como científico.

El conocimiento científico comprobado o demostrado o bien, comprobado y demostrado, pero sin la correspondiente interpretación filosófica, es un conocimiento cierto y seguro, pero insatisfactorio y parcial. El hombre, hacedor exclusivo de la ciencia, aspira a obtener un conocimiento general, tanto de lo comprobado como de aquello que sólo puede considerarse como posible. Este tipo de conocimiento es el que suministra la filosofía. Desde luego, el conocimiento filosófico implica ciertos riesgos, porque está constituido de generalizaciones y de conjeturas. Por eso, la filosofía, cuando es científica, está sometida a ajustes, al paso y medida en que la ciencia avanza. Al propio tiempo, es indudable que las interpretaciones filosóficas precedentes sirven para encauzar las investigaciones científicas ulteriores y para orientar después la interpretación de sus resultados.

En el dominio de la metodología, la actividad filosófica consiste en elaborar las teorías de los diversos métodos empleados en la investigación científica, comprendiendo su fundamentación, sus leyes generales, sus teoremas específicos, sus empiresmas característicos, sus operaciones y sus reglas de cálculo. En cambio, la actividad científica consiste en dirigir sus indagaciones de acuerdo con los métodos elaborados teóricamente por la filosofía. En todo caso, la actividad práctica de la ciencia suministra nuevas experiencias que confirman o invalidan las teorías, por un lado, en tanto que, por otro lado, las amplían y profundizan. Por otra parte, es difícil establecer un límite preciso entre una teoría formulada conforme a las reglas rigurosas de la metodología y una hipótesis establecida acerca de un procedimiento metódico sutil y, por ende, difícil de precisar. Un ejemplo del primer caso sería cualquier desarrollo del cálculo funcional en la lógica sim-

bólica; y, del segundo caso, algún intento de formalizar el razonamiento por analogía. Pero, no obstante sus grandes diferencias, ambas formulaciones teóricas resultan aplicables en la actividad científica. Lo importante no es tratar de limitar la imaginación filosófica, sino de propagar en ella el rigor metodológico, para que las hipótesis tengan siempre una justificación racional y se formulen correctamente, aun cuando se les pueda dar, en todos los casos, una expresión enteramente precisa.

Lo que es tal vez más interesante de la metodología, es que se trata de un terreno en el cual incursionan por igual, tanto el científico como el filósofo. Con la peculiaridad de que las reflexiones metodológicas del científico tienden señaladamente a convertirse en filosóficas; mientras que las reflexiones metodológicas del filósofo muestran una clara propensión hacia el rigor científico. En este sentido, el investigador científico ensancha las fronteras de su reflexión y abandona hasta cierto punto su carácter analítico. En cambio, el investigador filosófico restringe sus reflexiones y atenúa el carácter sintético de éstas. Los límites entre ambos tipos de reflexión se difuminan un tanto. La reflexión científica amplía su dominio y se hace más libre, mientras que la reflexión filosófica gana en rigor y eficacia. En fin, lo que sucede es que, en el campo de la metodología, la reflexión tiene que cumplir las exigencias de precisión y estrictez de la ciencia y, simultáneamente, tener la generalidad y la sutileza de la filosofía. El vínculo del método, entre la ciencia y la filosofía, es fuerte e impone sus condiciones.