

LA GÉNESIS DEL POSITIVISMO EN SU CONTEXTO CIENTÍFICO

SUMARIO: Se examina la evolución de las ideas centrales del positivismo en los siglos XVIII y XIX en conexión con el desarrollo paralelo de las ciencias naturales. Se distinguen tres grandes fases: el proto-positivismo del siglo XVIII, el positivismo clásico de Comte y el positivismo crítico alemán; estas fases corresponden a diversos estadios de la historia de la ciencia. Las ideas positivistas más influyentes para el siglo XX fueron gestadas no por Comte, sino en los trabajos de fundamentación mecánica posteriores a Comte.

En la literatura filosófica actual de todos los matices y en todas las latitudes es muy frecuente el uso del epíteto "positivista" para referirse, generalmente en tono peyorativo, a veces incluso muy apasionado, a filósofos o corrientes que, por alguna razón u otra, no le son simpáticos al autor que usa el epíteto en cuestión. Se da por supuesto que todo el mundo sabe cuáles son las características del positivismo. Sin embargo, es difícil admitir la validez de este supuesto, dada la variedad de usos contradictorios del término "positivismo" en la literatura. En realidad, nadie ha emprendido una verdadera clarificación de la naturaleza del positivismo, a pesar de su (supuesta) difusión en el mundo filosófico actual.

Cierto que existen algunas "definiciones" del positivismo por parte de algunos de sus detractores. Pero, prescindiendo de la dudosa objetividad en tales determinaciones, el problema es que ellas no contribuyen en gran cosa a una comprensión de la naturaleza de la concepción positivista; ello se debe a que el positivismo no consiste en un conjunto de tesis establecidas por escrito en algún sitio, sino más bien en una determinada actitud que ha evolucionado mucho al través del tiempo.

Las corrientes realmente significativas en la historia del pensamiento no pueden "definirse" asignándoles un par de rasgos generales. Con ello lo único que se consigue es un cliché, apto a lo sumo para manuales de divulgación. Lo que debe intentarse es determinar la peculiar evolución histórica de la corriente ("corriente" entendida aquí en un sentido cuasi-literal), analizando todas las fases por las que atraviesa y las modificaciones que sufre. Sólo así puede comprenderse algo de sus características peculiares. Esto es válido en general, pero en especial lo es para el positivismo, pues éste consiste más en una actitud que en un sistema.

Dar un primer paso en semejante intento de determinación "hidrográfica", podríamos decir, de la corriente positivista de los siglos XVIII y XIX es lo que se pretende en este artículo.

Por otro lado, aquí nos limitaremos a un aspecto del positivismo que,

si bien esencial, ciertamente no es el único componente del mismo: sus relaciones con la investigación de fundamentos en las ciencias empíricas. Una adecuada comprensión de este componente es sin duda decisiva con respecto a las formas más modernas de positivismo, por ejemplo, la del Círculo de Viena, que se han autoconsiderado fundamentalmente como filosofías de la ciencia. Intentaremos aquí trazar la historia de esta componente y mostrar, entre otras cosas, que los orígenes históricos de la filosofía positivista de la ciencia deben buscarse no en el supuesto fundador del positivismo como sistema filosófico, Augusto Comte, sino en los trabajos de investigación de los fundamentos de las ciencias empíricas (especialmente de la mecánica) emprendidos *antes* y sobre todo *después* de Comte.

Pueden distinguirse por lo menos tres grandes fases en la evolución histórica del positivismo anterior al Círculo de Viena: un "proto-positivismo" o positivismo germinal anterior a Comte, ubicado en Francia desde mediados del siglo xviii hasta la era napoleónica; el positivismo clásico de Comte y sus discípulos, con el que está estrechamente conectado el inductivismo de John Stuart Mill y de la mayoría de los metodólogos británicos de la era victoriana; y finalmente el positivismo crítico alemán del último tercio del siglo xix, predecesor del positivismo lógico del Círculo de Viena.

A cada una de estas tres grandes fases del positivismo van asociadas manifestaciones secundarias o corrientes "laterales", por ejemplo la de los "ideólogos" de la Francia revolucionaria, el evolucionismo positivista de Spencer en Inglaterra y Haeckel en Alemania a mediados del xix y la escuela "energética" alemana de Helm y Ostwald en la transición del xix al xx.

No queremos entrar aquí en los detalles de las diversas manifestaciones históricas del positivismo, sino sólo trazar a grandes rasgos la historia de la germinación y el desarrollo de la temática que sería central en el positivismo lógico del siglo xx: el tema del carácter y los fundamentos del conocimiento científico.

1. El "proto-positivismo" francés anterior a Comte

Los inicios de un modo de pensar positivista se encuentran ya, sin lugar a dudas, en los "géomètres" franceses, es decir, en los físicos matemáticos del siglo xviii, formados en el fermento científico y filosófico producido en Francia por la confluencia (en parte violenta) de tres corrientes encontradas: la física newtoniana, el mecanicismo geométrico cartesiano y el empirismo británico.

Pueden distinguirse dos generaciones sucesivas de "géomètres": la formada alrededor de D'Alembert a mediados del xviii y la de Lagrange y Laplace poco antes de la Revolución. En el pensamiento y en la actividad de ambas generaciones científicas pueden detectarse ya con bastante clari-

dad los rasgos fundamentales del positivismo posterior, por lo que no sería del todo desencaminado considerar a D'Alembert, Turgot y Condillac como los verdaderos fundadores del positivismo —suponiendo que tenga sentido en este caso buscar “fundadores”.¹ De todos modos, para evitar objeciones terminológicas, es preferible reservar para estos autores pre-comtianos la designación de “proto-positivistas”.

En su historia general del positivismo Leszek Kolakowski rastrea los orígenes del positivismo mucho más atrás, hasta el nominalismo de la Baja Edad Media,² y denomina “positivistas” a autores como los mecanicistas del xvii (Mersenne, Gassendi) y Hume, a quien considera, en particular, el padre del positivismo moderno.

Esta es, en mi opinión, una caracterización demasiado amplia del positivismo. Está claro que la actitud positivista tiene importantes puntos de contacto con otras corrientes “anti-metafísicas” como el occamismo, el mecanicismo y sobre todo el empirismo; pero no es históricamente adecuado identificarla con ellas. El positivismo posee rasgos específicos, debidos a su contexto histórico particular, que permiten separarlo de las corrientes mencionadas. Es una característica esencial del positivismo el presentarse como una filosofía de las ciencias empíricas, y no meramente como una teoría del conocimiento ordinario al estilo de los empristas clásicos. Es una constante en el positivismo la preocupación por la metodología científica y por los análisis detallados de la estructura de las teorías científicas. Ahora bien, esta preocupación por la metodología científica sólo pudo surgir a partir del momento en que se hubo constituido una ciencia natural exacta “consciente de sí misma”, es decir, consciente de su triple autonomía con respecto a la matemática pura, a la filosofía y al conocimiento empírico común. Esto no ocurrió hasta mediados del siglo xviii.³ En conexión con este fenómeno histórico, y no antes, deben buscarse los orígenes del positivismo como forma especial de las corrientes antimetafísicas.

¹ Esta opinión, que ya aparece insinuada en dos contemporáneos del positivismo crítico alemán de fines de siglo, Dilthey y Georg Misch, ha sido recientemente reafirmada por los historiadores de la ciencia Armin Hermann y Walter Kaiser en su artículo “Der Positivismus in der Physik des 18. und 19. Jahrhunderts”, en *Reife*, 1972, t. I, Cuaderno 2.

² L. Kolakowski: *Filosofia pozytywistyczna*, Varsovia, 1966. Trad. alemana de P. Lachmann, *Die Philosophie des Positivismus*, Munich, 1971. Esta es la exposición más sistemática y general que conozco de la historia del positivismo; a pesar de ello, una laguna importante en esta obra es la escasa consideración que se da en ella a las conexiones (a mi entender, esenciales) entre el pensamiento positivista y el desarrollo de las ciencias naturales.

³ Baste recordar que Newton todavía consideraba que su obra era un primer paso para resolver problemas ontológicos, metafísicos e incluso teológicos generales, como atestiguan el *Scholium Generale* y sus *Principia* y aún más concretamente su correspondencia con Bentley. La generación de Newton y Leibniz no habría comprendido el sentido de la distinción neta que se hace actualmente entre “filósofos” y “científicos”. D'Alembert, en cambio, seguramente la habría aceptado.

Dicho de otro modo, sólo a partir del momento en que el intelectual occidental fue plenamente consciente de la existencia de la explicación científica del mundo como algo radicalmente nuevo y distinto de los tipos anteriores de explicación (sentido común, metafísica —incluida la metafísica materialista o mecanicista—, teología) pudo surgir la actitud “filocientífica” propia del positivismo, y su deseo de exponer ese tipo de explicación “en su estado puro”, libre de las impurezas acientíficas que todavía contenía. En este sentido se distingue claramente el positivismo del empirismo clásico: este último está basado más en un análisis del conocimiento común que en una preocupación por las ciencias exactas.

Dentro del poderoso movimiento escéptico, antirreligioso, antimetafísico, cuasi-materialista surgido con la *Encyclopédie* fue configurándose gradualmente como subforma especial la actitud proto-positivista. Desde un punto de vista ideológico puede considerarse la *Encyclopédie* como el efecto del influjo del empirismo británico sobre el cartesianismo francés, con la salvedad de que los enciclopedistas mismos no querían saber nada de los momentos espiritualistas contenidos tanto en el empirismo como en el cartesianismo. Muchos de los enciclopedistas se inclinaban declaradamente hacia el materialismo, que suponían “demostrado” por la física. No obstante, los primeros positivistas se distanciaron ya conscientemente de un materialismo estricto al estilo de Hëlvétius: el materialismo era para ellos una hipótesis casi tan especulativa como el supuesto de un mundo sobrenatural y, en cualquier caso, igual de inútil para la ciencia.

Estas primeras formas de positivismo no se basaban en ningún sistema filosófico; eran decididamente “anti-sistemáticas”. El sistema positivista surgirá tan sólo con Comte. De todos modos, de los escritos de autores como D’Alembert, Turgot, Condorcet, pueden entresacarse ya algunos de los aspectos básicos del positivismo posterior:

- i) rechazo de cualquier pregunta por la esencia de las causas físicas;
- ii) limitación de la tarea propia de la ciencia al establecimiento de relaciones lógico-matemáticas entre los fenómenos;
- iii) rechazo de toda explicación teológica, metafísica o teleológica de los fenómenos;
- iv) fe en el progreso continuado de la comprensión científica del mundo —la única forma válida de conocimiento.

Lo más característico de los proto-positivistas del siglo XVIII es su estrecha conexión con la investigación matemática de la naturaleza. No es una mera casualidad que el más eminente de estos proto-positivistas, D’Alembert, fuera a la vez uno de los físicos matemáticos más importantes de su época; y más sintomático todavía es que se dedicara particularmente a la clarificación lógica de los fundamentos de la mecánica y criticase enérgicamente el

concepto contemporáneo de fuerza (lo cual sería también el *leitmotiv* de los trabajos positivistas de fundamentación, más de cien años más tarde).

En el Prólogo a su *Traité de Dynamique* (1743) subraya D'Alembert que su objetivo primordial es liberar la mecánica de todas las oscuridades metafísicas que la acosan en su estado presente.

He proscrito totalmente las fuerzas inherentes a los cuerpos en movimiento, seres oscuros y metafísicos, que no son aptos más que para difundir las tinieblas en una ciencia que en sí misma debería ser clara. (*Traité*, p. xxviii.)

Un aspecto positivista posterior que, en cambio, *no* se halla expresado claramente en los proto-positivistas, es la necesidad de configurar unitariamente todas las ciencias según un aparato conceptual único. Los primeros en postular explícitamente esta necesidad serían los "ideólogos", una corriente filosófico-psicológica surgida con la Revolución Francesa como retoño de los proto-positivistas anteriores. Cabanis, uno de los representantes más notables de los "ideólogos", escribía alrededor del cambio de siglo:

Es sin duda una idea bella y grandiosa la de considerar todas las ciencias y artes en mutua conexión, como todo indivisible, o como las ramas de un mismo tronco, unidas por su origen común, pero más unidas aún por el fruto que han de aportar todas por igual, la plenitud y la felicidad del hombre. (*Oeuvres philosophiques*, p. 124.)

La idea de la unificación conceptual de las ciencias (con su connotación más de exigencia ético-social que de realidad fáctica) resurgirá con el positivismo crítico alemán y llegará a su culminación con el formidable intento de la "Enciclopedia de la Ciencia Unificada" de los años 1930 y 1940.

Los "ideólogos" y otros filósofos y científicos emparentados con ellos de fines del xviii, intentaron elaborar clasificaciones unificadoras de las ciencias entonces existentes; el punto de partida metodológico era la ordenación de las ciencias particulares según el grado de abstracción y generalidad alcanzado. Mientras que los proto-positivistas habían extraído sus ideas metodológicas exclusivamente de la física matemática, con el cambio de siglo van entrando en la perspectiva positivista otras ciencias: primero la química (después de los trabajos de Lavoisier y Laplace), luego la medicina y la fisiología (que en opinión de los "ideólogos" ya habían alcanzado el *status* de ciencias maduras), finalmente también las ciencias sociales.

En realidad, se da aquí una especie de paradoja histórica: si en el proto-positivismo de los "ideólogos" aparece explícitamente la idea de la unificación de las ciencias, es justamente porque en su época las ciencias ya habían empezado a disgregarse de hecho; la generación de D'Alembert no sentía la necesidad de tematizar el problema de la unificación de las ciencias, ya que el supuesto más o menos consciente de esa generación era que, en definitiva, sólo podía haber una ciencia: la mecánica. Con el cambio de siglo, sobre

todo después de Lavoisier, este supuesto empezó a parecer menos obvio, y las corrientes positivistas existentes por esas fechas sintieron la necesidad de afirmarlo explícitamente.

A fines del siglo XVIII, y por iniciativa de la Convención Nacional revolucionaria, la antigua "Escuela Central de Obras Públicas" fue rebautizada y transformada en la famosa "École Polytechnique", que había de dedicarse mucho más intensamente a las investigaciones de ciencia pura. El alma de esta institución fue Lagrange, y en ella se formaron la mayoría de los científicos franceses posteriores.

La creación de la "École Polytechnique" significa un acontecimiento decisivo para la historia del positivismo decimonónico. Augusto Comte, cuya formación científica provenía de esa Escuela, manifestaría repetidas veces cuán fuerte fue el influjo ejercido sobre su pensamiento por el espíritu general que imperaba en la "École Polytechnique".

También el conde de Saint-Simon, que en las concepciones sociales de Comte iba a jugar análogo papel al que jugó la "École Polytechnique" en su metodología científica, mantuvo estrechos contactos con profesores y alumnos de la "École" por los años 1820, es decir, por la época en que Comte estudiaba allí.

2. *El positivismo clásico*

Durante años fue Comte el secretario de Saint-Simon. No cabe ninguna duda de que Saint-Simon ejerció una gran influencia en las ideas político-sociales de su joven amigo. No está del todo claro cuáles son las doctrinas de Comte que provienen directamente de Saint-Simon; pero la famosa "ley de los tres estadios" de la historia humana (teológico, metafísico, positivo), que ya había sido insinuada por Turgot, fue postulada explícitamente por Saint-Simon; Comte se limitó a desarrollarla y a tratar de apoyarla en material histórico. También el término "positivo", como sinónimo de "científico", aparece ya en Turgot y en Saint-Simon. Y la idea de la fundación de una ciencia de la sociedad tan exacta como la física tiene su claro origen en Saint-Simon.

En cualquier caso, es indiscutible que es a Comte a quien corresponde el mérito (o demérito) de haber fundado el positivismo como sistema filosófico y como metodología de supuesta validez universal.

Iring Fetscher, en su introducción a la traducción alemana del *Discours sur l'esprit positif*, interpreta la empresa comtiana en su totalidad como el intento de forjar un sistema definitivo de filosofía de la historia. La aspiración básica de Comte era lograr una aplicación convincente del método de las ciencias naturales, que ya había hecho tan grandes progresos en otros campos, al dominio de la historia y de los fenómenos sociales. Conuerdo

plenamente con la interpretación de Fetscher. El interés más genuino de Comte no estaba centrado en los fundamentos de las ciencias naturales, sino en una ciencia de la sociedad aún por construir. El propósito de Comte era llegar a ser para la sociología lo que Newton había sido para la mecánica y Lavoisier para la química.

A diferencia de los proto-positivistas anteriores por un lado y de los positivistas críticos posteriores por otro, Comte no se dedicó a la investigación de fundamentos en las ciencias naturales, a pesar de que su formación científica quizás se lo hubiera permitido.

Comte consideraba el estado de las ciencias naturales de su época, sobre todo de la física y la química, como definitivamente maduro, y no esperaba ninguna sorpresa por ese lado. De ahí el tono dogmático, acrítico, casi sacerdotal y, en definitiva, aburrido con que Comte y sus discípulos exponen las bases de las ciencias naturales, en total contraposición con las fases anteriores y posteriores del positivismo. Esto explica también por qué el positivismo de Comte tuvo mucha mayor significación para el desarrollo de las ciencias sociales e incluso de la literatura, que para las ciencias naturales.

Para ser justos con Comte, no obstante, debe tenerse en cuenta que su presentación de la metodología científica no es sólo producto de su idiosincrasia personal, sino también reflejo de la situación general de las ciencias físicas y hasta cierto punto también de las biológicas durante la primera mitad del siglo XIX. La mayor parte de las ciencias naturales, sobre todo en Francia, se hallaban inmersas por la época de Comte en un estadio que, siguiendo la terminología de Thomas Kuhn, podríamos caracterizar de "ciencia normal", es decir, no se ponían en cuestión los fundamentos de las teorías científicas establecidas, se elaboraban primordialmente los detalles técnicos de las mismas y la imagen general de la empresa científica era la de un progreso lineal "paso a paso". Esta imagen de la ciencia era probablemente la que imperaba en la "École Polytechnique" y la que recibió Comte en sus años de estudiante.

Sea como sea, la filosofía de Comte nos interesa en el contexto presente de la relación entre positivismo y desarrollo científico sólo en la medida en que representa una forma bien delineada del científicismo moderno. Según Comte, todo desarrollo en la sociedad humana depende en última instancia del desarrollo científico. La historia de la ciencia es el núcleo de la historia general de la especie humana. No puede comprenderse bien el sentido de la historia universal si antes no se ha clarificado la evolución de las formas del conocimiento empírico.

Esta evolución sigue tres estadios: el teológico, el metafísico y el positivo. Toda ciencia, y por tanto también toda sociedad, debe atravesar estos tres estadios. Las diferencias entre los estadios vienen determinadas por el modo diverso como el hombre concibe al mundo. En el estadio *teológico*,

el hombre intenta explicar los fenómenos naturales suponiéndolos efecto de la voluntad de espíritus o fuerzas sobrenaturales. En el estadio *metafísico* se interpretan los fenómenos como efectos de fuerzas o entidades abstractas, ya no más personificadas. En el estadio *positivo*, que es el de una ciencia o de una sociedad maduras, se describen y predicen con toda exactitud los fenómenos mediante leyes naturales —sin buscar explicaciones causales “tras” los fenómenos—; las leyes naturales son el producto exclusivamente de la observación y de la reflexión racional.

El verdadero objetivo de las ciencias *no* es buscar las causas ocultas de los fenómenos, sino sólo describirlos sistemáticamente, para poder hacer buenas predicciones. Las predicciones nos permiten actuar sobre la naturaleza; con ello se promueve el progreso tecnológico, la base de todo progreso humano.

La ley de los tres estadios la complementó Comte con otra ley general acerca de la ordenación dinámica de las ciencias: la no menos famosa “ley enciclopédica”, la cual fija un orden temporal en las ciencias según la complejidad de su objeto. La primera ciencia empírica que ha llegado al estadio positivo es aquella cuyo objeto muestra una estructura máximamente simple y regular: la astronomía. Después de ella vienen, por orden, la física, la química, la fisiología o biología y la sociología.

La posición que ocupa la matemática en este esquema no es del todo clara. En su *Discours* pone Comte la matemática en la cúspide, antes de la astronomía. En el *Cours de philosophie positive* afirma, en cambio, que la matemática debe ocupar un lugar especial en el esquema, puesto que no es una ciencia entre otras, sino el lenguaje conceptual de todas ellas. La matemática *no* es una *parte* de la ciencia, sino su fundamento conceptual. Esta segunda concepción de la matemática está más de acuerdo con nuestro paladar actual; curiosamente, no obstante —y esto obedece a una confusión conceptual de la época—, entiende Comte por matemática no sólo la aritmética, el cálculo y la geometría, sino también la llamada “mecánica racional”, es decir, los *Principia* de Newton y su secuela, a pesar de que él era consciente del carácter empírico, no-apriorístico de la mecánica.

La ley enciclopédica consiste resumidamente en la afirmación de que el desarrollo de cada una de las ciencias depende del estado en que se halle coetáneamente la ciencia que la precede en la lista. No puede haber, por ejemplo, buena física sin una astronomía madura, ni buena biología sin una química constituida. A pesar de ello, cada una de las ciencias tiene su propia metodología autónoma, puesto que su objeto es también distinto del de las demás. Aquí vemos hasta qué punto las concepciones de Comte reflejan la situación de las ciencias en su época; poco antes de Comte se había inaugurado definitivamente la época de la especialización científica: los científicos ya no eran “sabios universales” que aspirasen a una comprensión global del universo, sino profesionales satisfechos con el estudio deta-

llado de una parcela de la realidad, cada vez más impermeables a lo que pudieran hacer o decir los profesionales de otras parcelas, en la medida en que no tuviera un interés inmediato para su propio campo.

Con su doctrina de que cada ciencia tiene su propio método y objeto, Comte simplemente describió en un marco conceptual general lo que los científicos de su época ya *sentían*. Y esta doctrina, lo mismo que todas sus sutiles y rígidas clasificaciones en estadios y subestadios, ciencias y subciencias, es uno de los puntos que le separa más abiertamente de los proto-positivistas anteriores y sobre todo de los positivistas críticos posteriores.

Otro punto de divergencia consiste en la interpretación comtiana de las leyes naturales. Comte, y aún más decididamente su discípulo Pierre Laffitte, sostenían que las leyes básicas de una ciencia ya madura no pueden ponerse en cuestión. Deben ser consideradas inmodificables, de lo contrario resulta imposible el progreso científico. Nuevamente tenemos aquí un reflejo de la autocomprensión de la "ciencia normal" de la época. En el lenguaje de Kuhn podríamos decir: para Comte era inconcebible un progreso científico revolucionario; el progreso para él sólo podía consistir en un desarrollo lineal dentro de los cauces prefijados por los paradigmas de la ciencia normal. El lema comtiano "orden y progreso" no sólo debía aplicarse a la organización social, sino también a la ética científica. Esto era sólo la expresión filosófica de la actitud más o menos subconsciente de la mayoría de los científicos, particularmente de los físicos y químicos, durante la primera mitad del XIX.

Nada de todo esto, ni el sistematismo filosófico, ni la clasificación enciclopédica de las ciencias, ni el supuesto de la validez incontrovertible de las leyes generales, ni el ingenuo progresismo científico, se encontrará en la corriente de fines de siglo que hemos denominado "positivismo crítico".

La aversión a todo sistema filosófico, incluido un sistema de corte positivista, y la sospecha de que los fundamentos de la ciencia son mucho más dudosos de lo que se quiere admitir, características que ya se insinúan en algunos proto-positivistas del XVIII, resurgirán con renovada fuerza en los positivistas críticos alemanes del último tercio del XIX, sobre todo en su portavoz más eminente, Ernst Mach. En este sentido tienen los positivistas críticos más rasgos en común con la generación de D'Alembert que con la de Comte. Es notable la poca consideración que sentían Mach y Avenarius, por ejemplo, hacia la escuela de Comte o la de Mill y Spencer. En toda la obra de Mach he encontrado un solo lugar donde cita a Comte, y lo hace con un comentario negativo.

Los positivistas críticos no creían que los fundamentos de la ciencia fueran intocables, ni les interesaban las clasificaciones escolásticas de las ramas científicas existentes. Creían, por el contrario, que ni los fundamentos ni las divisiones académicas existentes eran adecuados. En la admisión incondicional de la ciencia en su estado presente veían una nueva forma de dogma-

tismo y una nueva metafísica. Su programa era el de una reconstrucción crítica y unificada del conocimiento empírico, crítica en el sentido de eliminar toda oscuridad metafísica de la ciencia, unificada en el sentido de considerar que la base del conocimiento empírico debe ser común a todas las ramas científicas. Combatir la metafísica seguía siendo su objetivo, al igual que en Comte, sólo que ellos veían la metafísica allí donde Comte no la suponía: en los fundamentos de la ciencia misma, y en particular en la ciencia aparentemente más "madura", la mecánica.

3. *Investigación sobre los fundamentos de la física*

Como todo fenómeno histórico importante, esta nueva actitud hacia la ciencia no surgió de un modo casual. Tiene sus premisas históricas en la propia evolución de la ciencia decimonónica, particularmente de la física y de la fisiología de los sentidos. Creo que el punto de inflexión hacia la nueva actitud científico-filosófica puede fecharse alrededor de 1860. Determinar exactamente las causas del cambio es una tarea difícil, que requeriría probablemente una gruesa monografía. Aquí sólo podemos intentar un bosquejo a grandes rasgos de la situación histórica.

El cambio de actitud científica queda caracterizado esencialmente por una nueva consideración de la mecánica newtoniana. Ésta ya no se ve como algo absolutamente seguro y firme; sus conceptos básicos, espacio y tiempo, masa y fuerza, dejan de ser considerados como nociones evidentes.

Puede que este escepticismo creciente con respecto a la supuesta evidencia y validez universal de la mecánica tuviera su origen en la constitución entre 1850 y 1865 de una nueva rama de la física, la termodinámica fenomenológica, cuyos principios y conceptos fundamentales aparecían como totalmente ajenos al aparato conceptual newtoniano espacio-tiempo-masa-fuerza. También el creciente malestar ante la incapacidad de dar una formulación estrictamente mecánica a los resultados obtenidos en el electromagnetismo puede haber contribuido a hacer tambalear la fe en los fundamentos de la mecánica.

Pero no se trata aquí de lanzar hipótesis históricas, sino de constatar simplemente el hecho de que a principios del último tercio del XIX una serie de grandes físicos, en su mayoría alemanes, empezaron a ocuparse sistemáticamente de los fundamentos conceptuales y epistemológicos de la mecánica. Creo que los trabajos más significativos en este sentido son los de Helmholtz, Kirchhoff, Mach y Hertz, por orden cronológico. A excepción de Mach, no puede calificarse a estos investigadores de "positivistas" sin más; no obstante, sus trabajos de investigación acerca de los fundamentos fueron decisivos para el surgimiento del positivismo crítico alemán, y su ideario metodológico (sobre

todo en el caso de Kirchhoff y Hertz) se hallaba muy próximo al del positivismo o estaba condicionado por él.

De Helmholtz a Hertz puede observarse una inclinación creciente a tratar los fundamentos de la mecánica con una actitud crítico-positivista. En todos estos autores hallamos puntos de vista de tono claramente positivista: una actitud negativa hacia los conceptos de fuerza y de causa física; la admisión de la necesidad de lograr una unificación lógica de las diversas ciencias; la tesis de que sólo los hechos directamente observables son de fiar; el rechazo decidido de cualquier forma de metafísica; la acentuación del valor práctico-biológico de la ciencia: la tarea primordial de la ciencia no es *explicar* los fenómenos, sino *describirlos* con la máxima precisión posible para hacer predicciones que nos permitan actuar en consecuencia.

Ya en Helmholtz, el menos positivista de los autores mencionados, encontramos una preocupación constante por el problema de lograr una unificación real de las ciencias. Helmholtz fundaba su esperanza de realizar esta empresa en las nuevas investigaciones que se estaban llevando a cabo a mediados de siglo justamente en la fisiología de los sentidos —esperanza que resurgirá en Mach y mucho más tarde en el *Aufbau* de Carnap—, y a las que el propio Helmholtz contribuyó en gran medida.

En una conferencia con el característico título "Sobre la relación de las ciencias naturales con la totalidad de la ciencia", en 1862, lamentaba Helmholtz apasionadamente la disgregación de las ciencias particulares, que ya en su época era cada vez más acusada. Consideraba de necesidad imperiosa el establecimiento de conexiones lógicas entre las diversas ciencias, tanto por razones internas ("para promover mejores resultados en la labor científica"), como por razones externas ("para mantener un equilibrio sano entre las fuerzas espirituales"). Dado que las ciencias habían crecido tanto en extensión, el establecimiento de la conexión requerida no podía lograrse de una manera directa, sino buscando una base profunda y común que sistematizase todo el conocimiento científico.

Helmholtz veía claramente la dificultad de semejante empresa y, a diferencia de muchos de sus contemporáneos, no creía que esa base pudiera hallarse en la mecánica en su forma presente; más bien la buscaba en una especie de "protofísica fisiológica". Ya en Helmholtz aparece claramente el escepticismo con respecto a la mecánica, el cual luego será un componente esencial del positivismo crítico. Le parecía muy dudoso el valor de las explicaciones mecánicas de fenómenos no mecánicos (electromagnetismo, fenómenos térmicos), que era el objetivo básico de la mayoría de los científicos de la época. En su propia Introducción a la *Mecánica* de Hertz escribiría:

Físicos ingleses, como Lord Kelvin con su teoría de los átomos en remolino y Maxwell con su hipótesis de un sistema de celdas cuyo contenido se halla en rotación, en la que se basa su intento de explicar mecánicamente los fenó-

menos electromagnéticos, se sienten manifiestamente más satisfechos con este tipo de explicaciones [mecánicas] que con *la simple descripción más general posible de los hechos...* Debo confesar que yo mismo me he mantenido hasta ahora en este tipo de descripción, con la que me siento más seguro. (H. Hertz, *Prinzipien der Mechanik*, p. XXI-XXII.)

Tampoco Gustav Kirchhoff se sentía satisfecho alrededor de 1875 con las pretensiones de la mecánica de explicar todos los fenómenos naturales. Todavía en 1865 se adhería a la concepción de Laplace, según la cual el objetivo de la mecánica es buscar en todas partes las fuerzas que expliquen causalmente los movimientos y cambios de los sistemas físicos. Once años más tarde había cambiado totalmente de opinión, sobre todo porque el concepto de *fuerza* le parecía sospechoso. En el Prólogo a sus *Lecciones sobre mecánica* escribe:

Suele definirse la Mecánica como la ciencia de las *fuerzas*, y las fuerzas como las *causas* que producen o *tienden* a producir movimientos. Cierto que esta definición ha sido de gran utilidad para el desarrollo de la Mecánica... Pero está preñada de la oscuridad inherente a los conceptos de causa y de tendencia... Por esta razón propongo como tarea propia de la Mecánica la de *describir* los movimientos que ocurren en la naturaleza, y describirlos del modo más completo y más simple posible. Quiero decir con ello que lo único que nos debe interesar es averiguar *cuáles* son los fenómenos que ocurren, y no determinar sus *causas*.

Según Kirchhoff, pues, el objetivo propio de la mecánica no es la *explicación* de los movimientos, sino sólo su *descripción* exacta. Dicho de otro modo, el acento no se pone en la explicación *dinámica* del universo (determinación de fuerzas), sino en su descripción *cinemática* (determinación de relaciones espacio-temporales).

Casi simultáneamente a Mach y Avenarius propone Kirchhoff también un *principio de economía conceptual* destinado a justificar el aparato conceptual de la ciencia. Según este principio, cuanto más simple sea la forma de las leyes físicas, más aptas serán ellas para lograr descripciones y predicciones controlables... Las consideraciones de simplicidad justifican la introducción de conceptos "abstractos" como el de fuerza. Tales conceptos pueden introducirse en la mecánica en calidad de cómodas abreviaciones, pero sólo en la medida en que se esté seguro de que pueden reducirse en principio a los conceptos empíricos básicos de espacio, tiempo y materia. En consecuencia, Kirchhoff da un paso audaz para su época: *define* la fuerza simplemente como el producto de la masa por la aceleración; convierte por tanto el segundo principio de Newton en una mera tautología.

Por esta época sostenía ya Ernst Mach las mismas opiniones con respecto a los fundamentos de la mecánica. Sólo que Mach era más radical que Kirchhoff (y también más ignorado por el mundo académico). Ya en 1868,

ocho años antes de la definición de fuerza propuesta por Kirchoff, había dado un paso más en el "reduccionismo cinemático": en su artículo "Sobre la definición de la masa" (aparecido en el *Carls Repertorium der Experimentalphysik*, una especie de revista general de física) rechaza Mach el concepto de masa como concepto básico (primitivo) de una formulación adecuada de la mecánica: la masa es reducible definicionalmente a magnitudes directamente observables, a saber, las aceleraciones relativas de dos cuerpos en proximidad espacial.

Creo que vale la pena detenerse un poco en esta cuestión algo "técnica" de la definición machiana de masa, puesto que en ella están contenidos en germen los principios metodológicos que Mach desarrollaría posteriormente en sus obras más filosóficas.⁴

Para empezar, rechaza por oscura la identificación usual de la masa con la "quantitas materiae":

La idea de la "cantidad de materia" no es adecuada para determinar y aclarar el concepto de masa, puesto que ella misma carece de suficiente claridad. Esto sigue siendo el caso aun cuando se recurra, como han hecho algunos autores, al número de los hipotéticos átomos [contenidos en un cuerpo]. (E. Mach, *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*, 9ª edición, p. 210.)

En vez de la confusa noción de cantidad de materia, parte Mach del tercer principio de Newton (acción = reacción) para determinar primeramente la igualdad de masas; es decir, primero define el concepto de igualdad de masas y luego el concepto general de masa como magnitud: "Decimos que dos cuerpos tienen igual masa si, cuando interactúan, se inducen mutuamente aceleraciones iguales y de sentido opuesto", y añade una observación típicamente positivista: "Con ello no hemos hecho más que *denominar* una relación *fáctica*" (*op. cit.*, p. 211).

Es decir, la experiencia nos enseña directamente que los cuerpos del universo pueden agruparse en clases de equivalencias determinadas por la igualdad en valor absoluto de las aceleraciones que se provocan mutuamente los elementos de cada clase. Para *denominar* con una abreviación cómoda dichas clases de equivalencia utilizamos el término "igualdad de masas": dos cuerpos poseen *igual masa* si y sólo si pertenecen a la misma clase de equivalencia de aceleraciones mutuas. Esto es una mera definición, y una defi-

⁴ Este artículo de juventud de Mach (donde también define ya la fuerza como producto de la masa por la aceleración) apareció en forma muy comprimida en la revista mencionada y su sentido no es fácil de comprender para quien no conozca la epistemología general de Mach. Por ello no es de extrañar que fuera prácticamente ignorado. En su *Mecánica*, 15 años más tarde, volvió Mach a exponer en forma más clara su definición de masa; a esta segunda versión nos atenemos aquí, aunque no existen diferencias esenciales entre ambas.

nición tal, que en el definiens sólo aparecen conceptos cinemáticos (conceptos "observables").

El siguiente paso es la definición del concepto de masa en general, o lo que viene a ser lo mismo, la introducción de una escala (un orden) de masas. Por convención, se escoge una de las clases de igualdad de masas y se asigna a sus elementos el valor unidad. Para determinar la masa de cualquier otro cuerpo C no perteneciente a dicha clase, se toma un representante A de la misma y se le coloca en proximidad espacial de C . Observamos sus aceleraciones mutuas y definimos: " C tiene la masa m si y sólo si la aceleración inducida en A por C es m veces mayor que la aceleración inducida en C por A ". Nuevamente es un hecho empírico que las escalas de masas que se obtienen tomando otras clases de equivalencia como unidades son todas proporcionales entre sí. Y como justificación general de su procedimiento concluye Mach: "Mi definición resulta del intento de determinar *las relaciones de dependencia entre los fenómenos* y de eliminar toda oscuridad metafísica" (*op. cit.*, p. 212).

La definición machiana de masa puede leerse todavía hoy en manuales de mecánica clásica.⁵ Investigaciones relativamente recientes en filosofía de la ciencia han puesto en claro que la supuesta definición propuesta por Mach no es una definición en sentido lógico estricto, sino algo mucho más débil. No parece posible una definición adecuada de masa a partir de conceptos puramente cinemáticos.⁶

Pero no se trata aquí de adentrarse en las discusiones de la actual filosofía de la ciencia, sino de determinar el sentido histórico de la propuesta de Mach. Se trata de un intento de reconstrucción de la mecánica de signo claramente positivista en el siguiente sentido: para la determinación conceptual de los fenómenos mecánicos sólo se admiten en principio nociones espacio-temporales, pues sólo éstas son asequibles a la observación directa; todos los demás conceptos de la mecánica, incluidos los de masa y fuerza, deben ser reducibles a nociones cinemáticas, de lo contrario son "oscuridades metafísicas".

Las propuestas de Mach fueron ignoradas durante largos años. Sólo después de que una autoridad como Kirchhoff hubo allanado el camino, empezaron a ser tomadas en consideración, particularmente después de la publicación de la *Mecánica del propio Mach*, en 1883. En esta obra afirma Mach una vez más la definibilidad cinemática de masa y fuerza, y critica a fondo los conceptos newtonianos de espacio y tiempo absolutos, que para él eran puras fantasías metafísicas.

⁵ Cfr., por ejemplo, K. R. Symon, *Mechanics*, Reading, Mass., 1960, pp. 5-7.

⁶ Cfr., a este respecto, por ejemplo, P. Suppes, *Introduction to Logic*, Nueva York, 1957, p. 298. En mi opinión, una clarificación definitiva del *status* lógico de la "definición" de Mach no se ha logrado hasta la obra de J. D. Sneed, *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Dordrecht, Holanda, 1971, pp. 59-60, 135.

La crítica machiana de los conceptos fundamentales de la mecánica habría de causar un profundo impacto en Einstein y preparar su camino hacia la teoría de la relatividad restringida. El papel que jugó Mach en la génesis de este gran cambio de la historia de la física ha sido reconocido claramente por el propio Einstein en su Autobiografía:

No deberíamos asombrarnos de que prácticamente todos los físicos del último siglo viesen en la mecánica clásica una base firme y definitiva de la física entera, incluso de la ciencia en su totalidad, y de que intentasen una y otra vez fundamentar en la mecánica también la teoría maxwelliana del electromagnetismo, que se iba afianzando paulatinamente;... en su pensamiento consciente se aferraban a la mecánica como base segura. Fue Ernst Mach quien en su *Historia de la mecánica* hizo tambalear esa fe dogmática; justamente en este sentido ejerció este libro sobre mí una profunda influencia en mi época de estudiante. Veo la verdadera grandeza de Mach en su escepticismo insobornable y en su independencia de criterio; en mis años jóvenes me impresionó mucho la posición epistemológica de Mach. (En P. A. Schilpp (ed.), *Albert Einstein. Philosopher-Scientist*, La Salle, Illinois, 1949, p. 20)

La expulsión sistemática, llevada hasta sus últimas consecuencias, del concepto de fuerza de la mecánica fue la tarea emprendida por Heinrich Hertz en sus *Principios de la mecánica* en 1894. Hertz, que había sido discípulo de Helmholtz y de Kirchhoff, reconoce en la Introducción a su libro que debe su concepción general de los fundamentos de la mecánica a los trabajos de Mach.

El objetivo central de Hertz en esta obra es construir de modo riguroso y sistemático los fundamentos de la mecánica partiendo de una base puramente empírica, "libre de metafísica". Espacio, tiempo y partícula o punto-masa (¡no masa!) son en Hertz los conceptos empíricos fundamentales. Con ellos, y sólo con ellos, formula Hertz los axiomas de su mecánica. Fuerza y energía no figuran en la base conceptual propuesta por Hertz.

A diferencia de los investigadores anteriores, Hertz distingue estrictamente entre las cuestiones apriorísticas (puramente matemáticas) y las empíricas (propiamente físicas) en un tratamiento adecuado de la mecánica. Esta división estricta se refleja incluso en el modo concreto de exposición escogido por Hertz: en la primera parte del libro se tratan las cuestiones apriorísticas y en la segunda parte, las empíricas, netamente separadas. La necesidad de distinguir claramente entre ambos tipos de cuestiones en toda obra científica sería más tarde uno de los requisitos básicos del positivismo lógico. Es sabido que las concepciones metodológicas de Hertz contribuyeron en medida importante a la filosofía de la ciencia del *Tractatus Logico-Philosophicus* de Wittgenstein (Hertz es, junto con Russell y Frege, uno de los pocos autores a quienes Wittgenstein hizo el honor de citar en su *Tractatus*), y, a través de

él, influyó en la filosofía de la ciencia del Círculo de Viena. Pero éste es otro capítulo de la historia.

4. *El positivismo crítico*

Todos estos trabajos en los fundamentos de las ciencias, especialmente de la mecánica, se hallan en estrecha conexión con el surgimiento de la corriente filosófica que hemos denominado "positivismo crítico" y que, centrada en Alemania, tendría prontas repercusiones en otros países, tales como Gran Bretaña y Norteamérica. Los trabajos de fundamentos mencionados fueron en parte la premisa histórica, pero en parte también la consecuencia de la nueva actitud filosófica. No es fácil determinar en cada caso el orden exacto de las influencias.

También es difícil determinar exactamente cuándo surgió el positivismo crítico. Puestos a buscar una fecha de nacimiento, podría darse como tal la "definición de masa" de Mach en 1868 o quizás la formulación dada por Avenarius del principio de economía epistémica en 1876. En cualquier caso, antes de la publicación del *Análisis de las sensaciones* de Mach en 1885 eran poco conocidas del público general las nuevas ideas positivistas.

El *Análisis de las sensaciones* fue por su peculiar carácter (estimulante mezcla de investigaciones científicas concretas y tesis epistémico-metodológicas generales) una obra muy leída en la época, tanto en medios estrictamente científicos como en sectores más amplios del público. A la primera edición de 1885 siguieron seis ediciones más, aún en vida del autor (Mach murió en 1916). De entre los filósofos coetáneos fueron sobre todo los empiricistas Avenarius y Petzoldt los más influidos por la epistemología machiana; entre los científicos de la época que se sintieron fuertemente atraídos por Mach pueden mencionarse: William K. Clifford, Karl Pearson (íntimo amigo de Mach, a quien está dedicado el *Análisis de las sensaciones*), William James (como psicólogo, no como filósofo), Max Planck y el joven Einstein.

Las ideas de Mach acerca de los fundamentos del conocimiento humano no eran, sin duda, completamente originales. Físicos como Helmholtz y Ewald Hering, que también se interesaban por la psicofisiología, habían anticipado ya algunas de ellas. En el campo estrictamente filosófico, Avenarius ya había inaugurado en 1876 muchas de las tesis "económico-biológicas" de la nueva epistemología en su librito acerca del *Principio del mínimo esfuerzo* como principio-guía de todo conocimiento positivo. Éstos y otros autores indagaban las conexiones existentes entre física y psicología, e intentaban una solución al llamado *problema psicofísico* a través de una concepción unitaria, según la cual, la base del conocimiento no debe buscarse ni en los conceptos físicos

ni en los psíquicos; antes bien, el aparente abismo entre física y psicología debe salvarse al nivel de un substrato común primario.

De todos modos, el *Análisis de las sensaciones* fue la primera obra sistemática en este campo, la primera que planteó claramente el programa. El problema que intentaba solucionarse, tal como aparece planteado en el *Análisis*, puede describirse concisamente así: cómo hallar conceptos y leyes que sean de carácter más básico que los de la física y la psicología, y de los cuales puedan deducirse (o "construirse") estos últimos. El programa de Mach para solucionar este problema era el siguiente. Las nociones y las leyes requeridas deben buscarse en el material proporcionado por nuestra experiencia fisiológica; esto es lo único que nos viene dado de forma inmediata, y por sus propiedades no pertenece ni al dominio físico ni al psíquico. Los conceptos de la física y de la psicología deben construirse matemáticamente a partir de la experiencia sensible. Ya la primera frase en el Prólogo a la primera edición del *Análisis* caracteriza bien el programa de Mach:

Profundamente convencido de que la ciencia en general, y la física en particular, esperan las más importantes aclaraciones sobre sus fundamentos de la biología y, concretamente, del análisis de las sensaciones orgánicas, me he visto conducido repetidas veces a este campo.

Pero el objetivo último de este programa no era sólo la clarificación de los fundamentos de las diversas ciencias, sino su unificación. Para ello era necesario partir de una idea clara y firme del proceso cognoscitivo en general: la idea de que el acto cognoscitivo y su objeto son idénticos por principio, por mucho que al nivel más complejo de las diversas ciencias parezcan divergir.

Todo conocimiento auténtico descansa sobre la experiencia sensorial, y ésta consiste en un gran número de elementos discretos, a los que Mach llama a veces "sensaciones". Hay que manejar el término "sensación" con cuidado: sobre todo no entenderlo en modo pasivo, como si hubiera un "sujeto" previo a las sensaciones que "las sintiera"; lo único que *hay* en ese conjunto de sensaciones.

Las sensaciones pueden agruparse según ciertas relaciones de similitud en diversas categorías: sensaciones cromáticas, táctiles, térmicas, etc. En principio, estas categorías no tienen nada que ver entre sí. Afortunadamente, la experiencia sensorial está constituida de tal manera que pueden establecerse ciertas correlaciones más o menos regulares de dependencia entre los diversos grupos de sensaciones. Esto permite la construcción de complejos más o menos estables, los "objetos sensibles".

Según como estén estructuradas las diversas relaciones que se establezcan entre las sensaciones, se obtendrán los diversos objetos de las ciencias particulares. En una reconstrucción ideal de la base de la ciencia habría que

representar dichas relaciones en forma de funciones (en el sentido matemático: relaciones biunívocas en uno o más de sus argumentos) y expresar las dependencias regulares entre las sensaciones mediante tales funciones como ecuaciones en el tiempo (el tiempo fenoménico también es para Mach no más que un conjunto de sensaciones específicas). Se obtendrían entonces dos grandes grupos de funciones de sensaciones, distinguibles entre sí por su forma analítica general: la clase de las funciones de las que diríamos que constituyen objetos o procesos físicos y la clase de las funciones de las que diríamos que constituyen procesos psíquicos. Los objetos físicos vendrían determinados por conjuntos (de conjuntos) de funciones "físicas" que satisfacen ciertas propiedades formales; análogamente se definirían los objetos psíquicos. Entre las funciones "físicas" y las "psíquicas" han de establecerse también ciertas correlaciones; ésta es la tarea propia de la ciencia llamada *psicofisiología*.⁷

El punto decisivo aquí es que los argumentos de todas las funciones o relaciones consideradas son siempre sensaciones, tomadas como elementos neutrales. A partir de ellas se constituye el mundo físico o el psíquico, según el tipo de funciones de sensaciones que se establezcan. El desarrollo exacto de esta empresa es, según Mach, la tarea de una epistemología científica, definida como ciencia de las funciones o relaciones de sensaciones. Una vez constituida esta ciencia (para lo cual Mach pretende dar los primeros pasos), se vería claramente que física, fisiología y psicología no se distinguen entre sí por su objeto, que es siempre el mismo (conjuntos de sensaciones), sino por el modo de ordenar y correlacionar los elementos básicos. Ésta es, en definitiva, la misma empresa, a cuya realización formal y efectiva se dedicaría Carnap 40 años más tarde en su *Logische Aufbau der Welt*, con la única diferencia (aunque esencial) de que Carnap dispondría ya de un instrumento del que Mach carecía por completo; la lógica de los *Principia Mathematica*.

Este programa de reconstrucción de la totalidad del conocimiento científico causó una gran impresión en los intelectuales de la época. Después de la publicación del *Análisis*, un número creciente de filósofos, psicólogos, fisiólogos y físicos se dedicaron a investigaciones análogas a las de Mach, con un espíritu de confluencia entre las diversas disciplinas que sería inconcebible en nuestra época. Así podía escribir Mach con justificada satisfacción en 1902 en el prólogo a la cuarta edición de su libro:

Hoy veo en fin que un gran número de filósofos... y también algunos científicos, sin conocerse unos a otros, han caminado en direcciones convergentes.

⁷ Esta es naturalmente una exposición muy simplificada del sistema conceptual de Mach. Sin embargo, el propio Mach no es en su libro mucho más explícito y riguroso por lo que respecta a este punto. Una reconstrucción semiformal más detallada y exacta de la base del sistema machiano se hallará en mi libro *La estructura del mundo sensible*, Barcelona, 1973, cap. I, especialmente pp. 46-49.

Si por esto el valor de mi trabajo particular queda reducido a poca cosa, en cambio puedo asegurar que no persigo una quimera, sino que he colaborado en una obra general.

En nuestro siglo, las formas de pensamiento positivista, fundamentalmente centradas alrededor del Círculo de Viena en los años 1920 y 1930, entrarían en una nueva fase —quizá la última fase histórica del positivismo. Es indudable que el positivismo lógico del periodo de entreguerras ofrece aspectos totalmente novedosos que poco o nada tienen que ver con las corrientes anteriores y que no consisten en un mero desarrollo de algo preexistente. Pero es asimismo indudable que muchas de las tesis y de los puntos de vista centrales del nuevo positivismo, sobre todo por lo que respecta a la filosofía de las ciencias empíricas, están contenidos o prefigurados ya en las formas anteriores, particularmente en los trabajos críticos de los físicos alemanes del último tercio del XIX. Sin un estudio detallado de esas formas anteriores no es posible una comprensión plena del positivismo del siglo XX.

UNIVERSIDAD DE MUNICH

CARLOS ULISES MOULINES

FUENTES MENCIONADAS

- D'Alembert, Jean-le-Rond: *Traité de Dynamique*, París, 1921 (1ª edición, 1743).
- Avenarius, Richard: *Philosophie als Denken der Welt gemäss dem Prinzip des kleinsten Kraftmasses*, Leipzig, 1876.
- Cabanis, Pierre-Jean-Georges: *Oeuvres philosophiques*, París, 1956 (1ª ed., 1823-1825).
- Comte, Auguste: *Discours sur l'esprit positif*, París, 1844. Edición franco-alemana traducida e introducida por Iring Fetscher, Hamburgo, 1956.
- Comte, Auguste: *Cours de philosophie positive*. 6 tomos. París, 1830-1842. Edición resumida por el Dr. Robinet, París, 1881.
- Einstein, Albert: "Autobiography". En *Albert Einstein. Philosopher-Scientist* (ed. por P. A. Schlipp). La Salle, Illinois, 1949.
- Helmholtz, Herman von: "Über das Verhältnis der Naturwissenschaften zur Gesamtheit der Wissenschaft". Conferencia pronunciada en Heidelberg, 1862. En Helmholtz, H. v. *Abhandlungen zu Philosophie und Naturwissenschaft*. Darmstadt, 1966.
- Hertz, Heinrich: *Die Prinzipien der Mechanik*. Leipzig, 1894.
- Kirchhoff, Gustav: *Vorlesungen über Mechanik*. Leipzig, 1876.
- Mach, Ernst: "Über die Definition der Masse". En *Carls Repertorium der Experimentalphysik*, t. 4, Munich, 1868, pp. 355-359.
- *Die Mechanik in ihrer Entwicklung*. 1ª ed., Praga, 1883; 9ª ed., Leipzig, 1933.
- *Die Analyse der Empfindungen*. 1ª ed., Praga, 1885; 6ª ed., Jena, 1911. Existe trad. castellana de Eduardo Ovejero, Madrid, 1925.