



# LA POLÉMICA ENTRE LA CIENCIA Y LA FILOSOFÍA NATURAL

*JESÚS SÁNCHEZ NAVARRO*

*Dpto. de Historia y Filosofía de la Ciencia*

*Universidad de La Laguna*

La ciencia se ha convertido en uno de los fenómenos más importantes y característicos de nuestra cultura, pero también uno de los más paradójicos. Su capacidad para predecir lo inesperado y para explicar con precisión y simplicidad fenómenos que se presentan ante nuestros ojos como infinitamente variados y desordenados, así como la facilidad con que penetra en la estructura fina de la realidad desentrañando la sutil complejidad de lo que al sentido común le parece simple por familiar, le ha dado un halo de misterio y maravilla. Por eso la consideramos con razón la fuente de conocimiento más segura de que disponemos y la forma más eficaz y efectiva de predecir, controlar y manipular el mundo que nos rodea. Incluso, en casos extremos o cuando se producen enfrentamientos con otras formas de conocimiento, tendemos a considerarla como la única capaz de generar conocimiento genuino, entendiendo por tal el que es objetivo, intersubjetivo, comprobable y racional. En este sentido, la concepción de la ciencia más extendida en nuestra cultura está marcada por un fuerte componente positivista.



Lo paradójico es que eso no nos impide mantener también ciertas actitudes románticas. La acusación de «deshumanización» que hacía Schelling; la insinuación de Diderot de que la ciencia «dura» más matematizada podría estar políticamente comprometida con el poder conservador o, al menos, ser utilizada ideológicamente por quienes detentan ese poder; la sospecha rousseauiana de que el progreso científico y técnico pudiera ser un obstáculo e incluso una amenaza para el progreso moral o la libertad humana o la suposición hegeliana de que la ciencia no se enfrenta a los verdaderos problemas fundamentales del hombre y la naturaleza, y cuando pretende acercarse a ellos lo hace de manera superficial, se repiten con bastante frecuencia en nuestra cultura. Resulta, así, que nuestra actitud ante la ciencia es una confusa mezcla de positivismo y Naturphilosophie. Sin embargo, no sería descabellado pensar que el origen de este comportamiento esquizofrénico no está en la voluble naturaleza humana, sino en la forma en que la ciencia funciona y en la manera en que se ha constituido.

El conocimiento científico, más que ningún otro conocimiento, se presenta como algo público y transparente. Cualquiera de sus afirmaciones, suponemos, puede ser justificada, comprendida y comprobada intersubjetivamente. Pero, igualmente, utiliza un instrumental técnico muy sofisticado y complejo para observar, detectar, manipular y reproducir la realidad y dispone de un aparato formal muy elaborado, gracias al cual construye sus teorías como complejas estructuras matemáticas y las presenta mediante modelos formulados explícitamente en un lenguaje preciso cuyos conceptos están claramente definidos y, en la mayoría de los casos, cuantificados. Nada de esto es directamente accesible para los seres humanos, sino que requiere un largo proceso de iniciación y aprendizaje en comunidades organizadas donde funcionan valores epistémicos e incluso morales. A pesar de lo cual, o quizá por ello, la seguimos considerando el prototipo de la actividad racional y los científicos gozan de un reconocimiento social muy superior al que pudieron tener otros productores de conocimiento en cualquier período histórico anterior.

Al mismo tiempo, y sorprendentemente, la ciencia nos da una imagen del mundo que choca frontalmente con muchas de las creencias más seguras del sentido común y, por si esto fuera poco, pretende además dar cuenta de nuestra visión ordinaria del mundo considerándola limitada, aproximada e incompleta. Lo más extraño es que los modelos teóricos de la ciencia no representan nunca directamente los complejos fenómenos del mundo que nos rodea, sino que se aplican a sistemas físicos más o menos idealizados y contruidos a partir de conjuntos de datos experimentales «de laboratorio». La «realidad» con la que tratan directamente es, en último término, un constructo de laboratorio que se supone representa idealmente el com-



portamiento que debería tener la naturaleza si no intervinieran otros factores distintos a los sometidos a estudio (factores que en la realidad siempre intervienen, por otra parte).

De esta forma, los modelos teóricos sólo reproducen nuestra experiencia ordinaria indirectamente, de forma aproximada y en ciertos aspectos seleccionados. La causa de esto es que la ciencia, aunque se origina a partir de las sistematizaciones de los fenómenos realizadas por el conocimiento natural, las analiza y descompone, estudia por separado los distintos aspectos resultantes, los idealiza y, por último, los simplifica, cuando no crea por manipulación experimental fenómenos nuevos alejados de toda experiencia ordinaria. Se supone, sin embargo, que todos estos fragmentos, idealizaciones y fenómenos aislados constituyen las características fundamentales de la naturaleza y, una vez combinados adecuadamente, equivalen al complejo entramado de fenómenos y sucesos que conforman la realidad tal como la percibimos.

Esta peculiar forma de analizar la realidad hace que la ciencia se presente como un conjunto de disciplinas distintas, cada una de las cuales dispone de un campo de estudio propio y precisamente delimitado. Pensamos que todas ellas se conectan y complementan entre sí porque lo que estudian son distintos aspectos de la naturaleza (o, si se quiere, de una y la misma realidad) y lo hacen utilizando el mismo método científico. Este método, cuya fiabilidad instrumental está fuera de duda, consiste en una combinación de matematización y elaboración teórica con cuantificación, experimentación y observación repetida y controlada. Aunque el método se adapta a las características y al dominio propio de cada disciplina, conserva esas propiedades generales en todas las ramas de la ciencia, las cuales mantienen unas con otras relaciones precisas, tanto metodológicas como cognitivas.

La ciencia, considerada como un conjunto de disciplinas interconectadas, nos ofrece una visión sistematizada del mundo como organizado en niveles de complejidad creciente (físicos, químicos, biológicos, etc.). Dentro de tal visión científica del mundo los procesos de nuestra experiencia ordinaria son considerados incompletos, partes de combinaciones de estructuras mucho más profundas y complejas o consecuencias de ellas. Más aún, la ciencia no sólo explica y corrige nuestro conocimiento de sentido común, sino que también da cuenta de sus propias afirmaciones, explicaciones y leyes mediante un proceso progresivo en el que aumenta su nivel de teorización y la precisión de sus conceptos. Esto es lo que llamamos progreso científico.

Lo que convierte en indiscutible y objetiva la imagen del mundo ofrecida por la ciencia son su coherencia interna y precisión, las múltiples conexiones entre sus diferentes disciplinas y teorías, su capacidad autocorrectora y, sobre todo, su efectividad



y eficacia a la hora de predecir, modificar e incluso crear la realidad. Por ello, también, la ciencia suele definirse como el incremento progresivo de nuestra comprensión de la naturaleza o, si se prefiere, como el proceso mediante el cual elaboramos, corregimos y refinamos nuestro conocimiento del mundo y de nosotros mismos como parte de él.

Sin embargo, la ciencia sólo ha alcanzado esa situación de privilegio y reconocimiento pleno después de un largo proceso a través del cual se han ido desarrollando y configurando sus distintas disciplinas, ampliando su objeto de estudio e interconectando sus ramas y negando la existencia de límites a su objeto de estudio y la aplicación de su método. Antes de llegar a ese momento final, la ciencia, o los precedentes de lo que hoy llamamos ciencia, se consideraba integrada en la filosofía formando un sólo conocimiento. Incluso constituía un componente secundario, una filosofía segunda, que se diferenciaba de la filosofía más fundamental en el alcance y la profundidad del conocimiento producido y en ciertas limitaciones de su objeto de estudio y su método.

Es cierto que en cualquier momento histórico podemos distinguir, y con frecuencia lo hacemos, entre ciencia y filosofía. Pero llevamos a cabo tal distinción extrapolando nuestros conocimientos actuales, la división académica hoy vigente y siempre con la perspectiva que nos da saber cual ha sido la evolución histórica en la forma de entender el conocimiento. Sin embargo, si no hacemos tales extrapolaciones, esa dependencia en el pasado de la ciencia respecto a la filosofía no tiene nada de sorprendente. Dado que la filosofía se ha presentado históricamente como un saber absoluto destinado a elaborar una imagen sintética y totalizadora de la realidad y capaz de trascender, englobar y justificar la imagen del mundo del sentido común, el conocimiento de la naturaleza y de sus distintos aspectos no sería más que una parte de esa visión filosófica.

Así, en el curriculum clásico medieval la filosofía aparecía dividida en cuatro grandes bloques: lógica, filosofía práctica, filosofía mecánica y filosofía teórica. Esta última se dividía en Matemáticas, Física (o Filosofía Natural) y Metafísica. Del mismo modo, la obra cumbre de Newton se llamaba «*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*» y autores tan fundamentales como Galileo, Lavoisier, Faraday, etc., se refieren continuamente a sus trabajos como estudios de Filosofía de la Naturaleza. Por esta razón es frecuente afirmar que las distintas disciplinas que constituyen la ciencia se han ido desgajando gradualmente de la filosofía y que la historia de la ciencia no es más que la constatación de esa separación.

En efecto, en la época helenística sólo las Matemáticas, en especial la Geometría, ciertos aspectos de la Astronomía y algunos puntos aislados de la Óptica y la



Estática (entendidas como Geometría Aplicada) habían dado ese paso. En el siglo XVII lo hace la Dinámica, iniciando un proceso que culminará el siglo siguiente con la constitución de la Mecánica Clásica. Algo semejante ocurre con la Fisiología, la Anatomía y otras ciencias clasificatorias. A finales del siglo XVIII, con la Mecánica definitivamente constituida, comienza a desarrollarse la Química en lugar de la Alquimia tradicional y empiezan a realizarse estudios detallados sobre el magnetismo, la electricidad, el calor y otros procesos que hasta entonces habían sido considerados potencias naturales y se habían mantenido en un terreno nebuloso entre el conocimiento y la magia. En todos los casos, no obstante, se mantenía la dependencia respecto a la filosofía.

Aunque estas disciplinas se iban desarrollando por su cuenta y estudiaban dominios precisamente delimitados y claramente definidos, se seguían considerando una derivación, o especialización, de la filosofía. La integración y sintetización filosófica de sus resultados era lo que las justificaba y daba sentido. A fin de cuentas, sólo podían ofrecer conocimientos parciales, limitados y desconectados acerca de fenómenos concretos o aspectos específicos de esos fenómenos, e incluso en tales casos el conocimiento que proporcionaban era básicamente descriptivo, sin explicaciones últimas. Por el contrario, se suponía que la tarea de la Filosofía de la Naturaleza era articular esas descripciones parciales, elaborar grandes síntesis que dieran una visión total y unitaria del mundo más allá de las apariencias de la vida cotidiana y construir programas de investigación que fijaran los métodos y formas lícitas de acceder al conocimiento racional y seguro de la realidad. La Metafísica se encargaba, después, de dar una justificación absoluta y trascendente de la visión del mundo y del conocimiento así obtenidos. De ahí el sometimiento a la filosofía convertida en la reina de las ciencias.

La separación definitiva entre ciencia y filosofía se produce bien entrado el siglo XIX cuando culmina el proceso de constitución de la mayoría de las disciplinas que forman la ciencia actual y se conectan entre sí. No es casual que el término «científico» lo acuñara Whewell en 1833 para referirse a quienes estudiaban la naturaleza de cierta forma específica y asumiendo determinados supuestos comunes por contraposición a otros grupos interesados también en el conocimiento («sabios», «filósofos», etc.), como no es casual que desde principios del siglo se crearan «sociedades para el avance de la ciencia» (p. ej., en 1815 en Suiza, en 1822 en Alemania, en 1831 en Gran Bretaña, etc.) o que en la misma época se generalizara el uso del término «física» en un sentido semejante al contemporáneo precisamente desde Estados Unidos, donde la tradición cultural era mucho menos rígida que en Europa.

A finales del siglo XIX la ciencia surge ya como un conocimiento estricto, capaz



de explicar toda la experiencia y la realidad que supuestamente la subyace y dotado de un método específico, preciso y distinto de cualquier método filosófico, todo ello con una efectividad demostrada y con una capacidad para interferir, controlar y manipular la realidad que la filosofía no tenía. Por eso, el proceso que tiene lugar a lo largo del siglo no es sólo de separación, sino de confrontación: la ciencia acaba siendo capaz de presentar una visión del mundo tan completa como las síntesis de la Filosofía de la Naturaleza, pero alternativa. Este proceso es el que vamos a ver a continuación.

## ***1. LA FILOSOFIA DE LA NATURALEZA***

Tradicionalmente, la Filosofía de la Naturaleza había pretendido buscar las «verdaderas causas» de las cosas estableciendo un conjunto de presuposiciones acerca de los objetos, sus propiedades, sus causas y efectos y las leyes naturales que le permitieran dar una visión general del mundo. Todas esas asunciones y la visión del mundo resultante se justificaban posteriormente mediante la metafísica. Esta Filosofía de la Naturaleza era fundamentalmente clasificatoria sobre bases cualitativas e implicaba la postulación de numerosas entidades y causas. Así, los objetos individuales se caracterizaban e identificaban por su forma y propiedades de hecho determinadas a partir de la experiencia cotidiana. En última instancia, existían como resultado de la combinación de esas propiedades. El tipo, número e intensidad de las cualidades combinadas era lo que definía la identidad de cada objeto individual como único e irrepetible.

A su vez, las cualidades se clasificaban en fundamentales (o esenciales) y secundarias (o accidentales). Las primeras hacen que un objeto pertenezca a una especie, género o tipo natural y son más fundamentales cuanto mayor es su universalidad. Las segundas distinguen e individualizan. Se obtiene, así, una gran clasificación con numerosos tipos intermedios y gradaciones jerárquicas. La materia es el receptáculo y sostén de estas propiedades y se entiende como una sustancia homogénea, continua e indefinida que se concreta en objetos determinados cuando es conformada por una combinación de propiedades. En este sentido actúa como causa última pasiva de la realidad. Muchas de estas propiedades observadas son resultado de la combinación o interacción de otras más fundamentales, pero algunas son elementales e inanalizables. Estas últimas son consecuencia de causas activas profundas actuando en el seno de la materia. De la misma manera, la transformación y el cambio de los objetos (en el sentido más general, desde el movimiento al cambio sustancial) son consecuencia a veces de causas externas, pero más fundamentalmente de causas internas. Estas



causas internas son agentes de cambio potenciales, es decir, que al activarse hacen que el objeto cambie, se comporte de cierta manera o produzca determinados efectos, por eso se las llama poderes o potencias naturales. Algunas de estas potencias naturales son «tangibles» y se detectan directamente (p. ej., la dualidad calor-frío), mientras que otras sólo son detectables a través de sus consecuencias y se consideran causas ocultas o «imponderables» (p. ej., el magnetismo).

El resultado de todo esto es una teoría general de la materia integrada por entidades y cualidades de muy distinto tipo:

- la materia prima receptáculo de las cualidades y potencias naturales (y entendida de muy diversas formas, desde una sustancia difusa e indeterminada hasta «res extensa», corpúsculos, átomos, mónadas, etc.)
- los primeros principios y las cualidades fundamentales de la materia (pesadez y ligereza, extensión, impenetrabilidad, etc.)
- cualidades y potencias naturales elementales activas (calor, frío, etc.)
- cualidades y potencias elementales manifiestas (luz, ímpetus, sonido, etc.)
- cualidades tangibles secundarias compuestas (duro, blando, etc.)
- cualidades y potencias ocultas que no se derivan de las elementales (magnetismo, electricidad, etc.)
- propiedades de los cuerpos, tanto esenciales como accidentales (géneros, especies, tipos, etc.)

La actividad de todas estas cualidades y potencias es lo que hace que la naturaleza se constituya, cambie y se comporte como un todo organizado. De la misma manera, su acción es responsable del desarrollo jerárquico y emanatista de la naturaleza a partir de la sustancia material básica. El conocimiento real de un fenómeno consiste en determinar la cadena de cualidades y causas que lo producen para poder situarlo dentro de la gran cadena del ser presentada por esa visión del mundo. Como puede apreciarse, esta Filosofía de la Naturaleza tiene, al menos, cuatro características básicas que entran en conflicto abierto con nuestra forma de entender la ciencia:

### *1.1 PAPEL FUNDAMENTAL DE LA EXPERIENCIA PRIMARIA*

El elemento básico para la construcción de la Filosofía de la Naturaleza es la experiencia ordinaria del sentido común. Las características observadas se extrapolan directamente y se postulan ad hoc potencias y causas internas de tipo semejante a esas cualidades observadas, de manera que difieren sustancialmente de cualquier tipo de postulados mecánicos.



## *1.2 REALISMO INGENUO DE PROPIEDADES*

Los atributos de un objeto material se consideran propiedades definitorias de ese objeto, de ahí el carácter esencialmente clasificatorio y cualitativo de la Filosofía de la Naturaleza. La consideración de buena parte de estas propiedades como inanalizables lleva a postular múltiples entidades abstractas cualitativamente diferentes y de carácter ad hoc que se consideran reales y son responsables de los distintos tipos de fenómenos observados.

## *1.3 ANIMISMO Y VITALISMO*

La caracterización de las causas y potencias naturales como fundamentalmente internas a los objetos conduce a la consagración de un dualismo irreductible e ineliminable (sea entre materia y forma, materia y espíritu o incluso materia y potencia). En los casos en que se niega esta dualidad es a costa de espiritualizar la materia o comprometerse con posiciones extremadamente idealistas, como en el caso de Priestley o la Naturphilosophie romántica. El resultado es una confrontación directa tanto con los principios mecánicos, como con los procesos de matematización y cuantificación, que en el mejor de los casos se consideran de importancia secundaria, cuando no superficiales. Este comportamiento es especialmente apreciable en los procesos biológicos, donde la vida y la vitalidad se considerarían concentraciones de inmenso poder en pequeños volúmenes de materia, pero también es aplicable a fenómenos como los eléctricos, magnéticos y químicos que no parecían involucrar procesos mecánicos. La naturaleza se entendía, así, como animada y autoorganizada. La tarea de la Filosofía de la Naturaleza era comprender filosóficamente esos principios de autodeterminación insertos en la materia.

## *1.4 ORGANICISMO*

La naturaleza se concibe como un todo organizado y articulado, pero en constante movimiento y cambio, que se desarrolla a partir de una sustancia elemental mediante un proceso continuado de complejización. La característica fundamental de este proceso de emanación es la actividad, la acción de las causas y potencias naturales internas que determinan la evolución de la naturaleza como un todo y de cada objeto individual dentro de la compleja estructura resultante. La materia, aún siendo importante, juega sólo un papel pasivo como sostén y objeto de esa actividad. Como causas y potencias están insertas y actúan en el seno de la materia y de cada objeto



particular, este proceso dinámico adquiere un fuerte carácter teleológico, como un desenvolvimiento autodirigido y, en cierto modo, casi «intencional». La propiedad fundamental de la realidad es, pues, la actividad de las potencias internas de la naturaleza y su objetivo es la «autorealización» gradual y progresiva de lo que ya estaba diseñado potencialmente en la esencia misma de la materia. En este sentido, el modelo que se sugiere para la organización de la naturaleza es el de un organismo vivo donde todas sus partes interactúan y su estructura interna es lo más importante y lo que da sentido a todos los elementos que la integran. Así, resulta comprensible que el conocimiento «real» y profundo de la naturaleza tenga que ser total, presentar una visión unitaria del mundo y descubrir las causas profundas que dirigen la actividad dinámica de la naturaleza. Igualmente, es evidente que tal conocimiento tiene que ser básicamente cualitativo y clasificatorio. La medición y la matematización podrían ser útiles, pero no proporcionarían información sobre las causas esenciales de la naturaleza y los fenómenos percibidos. Más aún, dada esta composición orgánica de la naturaleza muchas de las causas y propiedades que la conforman están distribuidas en grupos de opuestos que se confrontan entre sí dialécticamente como, p. ej., las cualidades elementales activas (calor-frío, húmedo-seco, etc.) o las compuestas secundarias (duro-blando, rígido-maleable, etc.). La misma experiencia confirma estas oposiciones inanalizables, pues mientras ciertas propiedades y potencias se suman escalarmente cuando los cuerpos que las poseen interactúan, sin difundirse ni «contagiarse» de uno a otro (p. ej., la «gravitas»), otras se mezclan promediándose de distintas formas (como el calor y el frío) y se difunden a través del medio contagiándose de unos cuerpos a otros (calor y frío ya citados, pero también magnetismo, electricidad, etc.). Puesto que no todos los cuerpos parecen reaccionar de la misma manera en estos casos, eso apoya la concepción organicista y «dialéctica» de la naturaleza. El caso más palpable se encuentra en la introducción de un par de cualidades ocultas que jugaban un papel central en los procesos químicos y en los fenómenos eléctricos, magnéticos, etc.: la simpatía y la antipatía entendidas como «afección amistosa, coordinación, o relación innata de una cosa a otra, de manera que si una actúa, o reacciona, o está presente, la otra actúa o recibe la acción; y su contraria».

Ciertamente, junto a esta Filosofía Natural existían ciertas ciencias matematizadas (geometría, astronomía, etc.), pero quedaban incluidas bajo el rótulo de matemáticas y la consideración de conocimientos puramente descriptivos que no daban explicaciones, al menos explicaciones profundas, ni descubrían las causas reales de las cosas. Por tanto, no contribuían más que mínimamente a la inteligibilidad de la naturaleza y podían considerarse un conocimiento secundario (de los efectos, pero no de las causas) y auxiliar para la Filosofía de la Naturaleza.



## 2. LAS CONSECUENCIAS DE LA MECÁNICA NEWTONIANA

El desarrollo de la Mecánica Newtoniana modificó parcialmente algunas de las presuposiciones operativas usuales de la Filosofía de la Naturaleza, especialmente en los aspectos metodológicos. Sustancialmente, estas modificaciones eran:

A- Introducía limitaciones metodológicas a la postulación de entidades. Las reglas newtonianas de que a los mismos efectos deben corresponder las mismas causas y que las propiedades de la materia que se comprueban inalterables en los cuerpos sometidos a experimentos pueden considerarse universales imponían límites a la proliferación de entidades característica de la Filosofía de la Naturaleza. Pero, al mismo tiempo, liberalizaba el requisito de que las entidades introducidas debían tener una explicación y justificación de su naturaleza última (fuera mecánica, filosófica o esencialista) y tenían que ser inteligibles para el sentido común. Para Newton bastaba con inferir proposiciones matemáticas a partir de los fenómenos y los experimentos y luego demostrarlas comparando sus consecuencias con datos cuantitativos. Si esto se conseguía, las proposiciones eran verdaderas y las entidades a las que se referían podían ser postuladas lícitamente, sin tener que describir su naturaleza última o su mecanismo, que serían especulaciones vacías. Esto permite a Newton introducir las fuerzas atractivas y repulsivas y los distintos éteres y fluidos a que hace referencia en los «Queries» de la Óptica.

B- El punto de partida para la explicación y descripción de la naturaleza no han de ser las propiedades de la experiencia cotidiana común, sino las inferidas de los fenómenos cuidadosamente observados y, sobre todo, de los experimentos (sean reales, mentales o imaginarios). De la misma manera, es fundamental la medición, cuantificación y matematización de esas propiedades y sus causas. La descripción de estas últimas ha de llevarse a cabo, si es posible, matemáticamente. Esto implica el rechazo, al menos en ciertos campos, de los métodos cualitativos y clasificatorios característicos de la Filosofía de la Naturaleza tradicional y favorece la introducción de postulados mecánicos. Ciertamente, la misma exigencia se encuentra en el mecanicismo de Descartes y había sido asumida por la Filosofía de la Naturaleza de corte cartesiano (la filosofía mecanicista), pero en este caso, a diferencia de Newton, se daba prioridad a la explicación mecánica sobre la matemática. En otras palabras, la explicación de un fenómeno exigía la construcción de un modelo mecánico y la descripción de su mecanismo de actuación era condición sine qua non para la inteligibilidad y aceptación de la causa explicativa del fenómeno; las matemáticas, aún siendo importantes, sólo ayudan a descubrirla o describirla con precisión, pero no la justifican. Por el contrario, para los newtonianos lo fundamental es la construcción de un



modelo matemático y su coincidencia con los fenómenos observados; la descripción detallada de su mecanismo de actuación es importante, pero no necesaria. Esta divergencia se aprecia con toda claridad en la polémica sobre la naturaleza de las fuerzas y la *vis viva*.

C- De la misma manera, las características definitorias de un objeto no son sus propiedades aparentes, sino que objetos y fenómenos son consecuencia de y explicados por la interacción de partículas, fuerzas atractivas y repulsivas y ciertos fluidos sutiles. Las potencias naturales, causas ocultas y principios fundamentales son reducibles, al menos en Mecánica, a la interacción de esos elementos. En este sentido, el componente teleológico específico de la Filosofía de la Naturaleza queda sustancialmente reducido, cuando no eliminado, y es sustituido por un mecanicismo de causas eficientes. También este aspecto, como el anterior, había sido adelantado por la Filosofía Mecánica cartesiana, pero la gran diferencia de los newtonianos es la completa eliminación de cualquier rastro de animismo y vitalismo en Mecánica y la caracterización de las fuerzas como acciones a distancia, lo que las «externaliza» (aunque puedan ser propiedades innatas de la materia, son ejercidas sobre una partícula desde fuera; por el contrario, el impulso cartesiano y la *vis viva* son internos, lo que les hace conservar un cierto vitalismo y organicismo).

No obstante, como la Mecánica Newtoniana no incorporaba explícitamente una teoría general de la materia, estas modificaciones no afectaron directamente a la Filosofía de la Naturaleza, sino que sólo se fueron introduciendo gradualmente hasta eclosionar a finales del siglo XVIII y comienzos del XIX. Incluso después del desarrollo completo de la Mecánica Clásica con Euler, Maupertuis, etc., la Filosofía de la Naturaleza mantuvo básicamente sus características esenciales con ligeras modificaciones inevitables. La Mecánica sencillamente pasó a integrarse en las ciencias matemáticas junto con la Geometría, la Astronomía, etc., y compartiendo sus características de descripciones precisas, pero sin explicaciones profundas de la naturaleza y sus causas últimas «reales».

Sin embargo, el éxito de la Mecánica Newtoniana tuvo una consecuencia importante: la constitución de lo que podría denominarse el Programa Newtoniano que tendría una importancia decisiva para la constitución de la Filosofía Experimental (o Física Experimental, como también se la denominó) separada de la Filosofía de la Naturaleza.

### **3. EL PROGRAMA NEWTONIANO**

Como se ha señalado, la Mecánica Newtoniana no incorporaba una teoría gene-



ral de la materia, que seguía en manos de la Filosofía de la Naturaleza. Como hemos visto también, la Mecánica de Newton tenía una serie de implicaciones que entraban en conflicto con las presuposiciones comunes en la Filosofía de la Naturaleza tradicional. El éxito y el reconocimiento alcanzado por la Mecánica, a pesar de sus numerosas dificultades e insuficiencias, hacía necesario resolver ese conflicto. Si la Filosofía de la Naturaleza quería dar una visión general del mundo, debía tomar en cuenta e incorporar los desarrollos de las ciencias específicas y, por tanto, también los de la Mecánica, aunque eso supusiera modificar algunos de sus presupuestos básicos. Para ello se desarrolló el Programa Newtoniano de Filosofía Natural que consistía fundamentalmente en analizar las propiedades de la naturaleza reduciéndolas a alguna combinación de la actividad de fluidos etéreos (éter, calórico, flogisto, etc.) y de fuerzas definibles y cuantificables entre partículas atómicas. A estos elementos habría que añadir, si fuera necesario, ciertos principios de actividad (como el «fuego» de Boerhaave) que no son potencias naturales. Este programa implicaba cuatro cuestiones diferentes:

a. Intentar explicar, siempre que fuera posible, todos los fenómenos observados mediante átomos últimos cuyas únicas propiedades explicativas eran el tamaño, la forma, la combinación y las fuerzas en un sentido general (podían, por tanto, tener características diferentes según los tipos de fenómenos; así habría distintos tipos de fuerzas mecánicas, eléctricas, magnéticas, etc.).

b. Determinar y explicar las propiedades de la materia a partir de la experiencia controlada y derivada de experimentos y cuantificarlas y medirlas, siempre que fuera posible. En este sentido, se establecían dos grandes grupos de propiedades:

1. Las que eran comunes a toda la materia: extensión, divisibilidad, impenetrabilidad, movilidad, inercia, gravitación. Se asumía que éstas habían sido explicadas por la Mecánica Newtoniana y por la Mecánica Clásica posterior.

2. Las propiedades particulares de la materia que dependen de la naturaleza o del estado del cuerpo. Estas se clasificaban en diferentes grupos:

- Eléctricas (ser un conductor, un aislante, etc.)
- Ópticas (color, transparencia, dispersión, etc.)
- Mecánicas (dureza, elasticidad, densidad, etc.)
- Térmicas (ser buen o mal conductor del calor, etc.)
- Termoquímicas (combustibilidad, temperatura de la combustión, etc.)
- Químicas (tipo de sustancia, reacciones con otras, etc.)



El estudio de este segundo grupo de propiedades correspondía a la Filosofía Experimental y constituía el germen de las distintas ramas que en el s. XIX conformarían la Física. No obstante, cada grupo de propiedades era independiente de los otros y en ningún caso se pretendía establecer relación alguna entre ellas. Las relaciones, si las hubiera, tendrían que establecerse experimental y matemáticamente como había hecho Newton con la mecánica terrestre y la celeste, pero nunca especulativamente. En este sentido, se introducía un principio de análisis en la naturaleza, de manera que propiedades y aspectos de los fenómenos, que se presentaban inextricablemente unidos en la experiencia ordinaria, se aislaban y descomponían en factores separados dentro del laboratorio y se estudiaban como si no interfirieran unos sobre otros. De esta manera empezaba a quebrarse el organicismo típico de la Filosofía de la Naturaleza. El modelo de la naturaleza no era tanto un organismo vivo, cuanto una máquina que podía descomponerse en sus partes componentes.

c. Aplicar al estudio de estos grupos de propiedades el mismo método utilizado por Newton en la Mecánica. En otras palabras, a partir de los fenómenos y características observados habría que inferir proposiciones matemáticas y luego comparar sus consecuencias con datos obtenidos de los fenómenos, por eso son tan importantes la experimentación, medición y matematización. El resultado sería el descubrimiento de las leyes y principios que rigen la materia, es decir, una teoría completa de la materia. Como es evidente, este era un proyecto a largo plazo que sólo comenzó a desarrollarse seriamente cuando estuvo bastante avanzado el paso anterior de clasificación de las propiedades de la materia (ya muy a finales del s. XVIII). En cualquier caso, esta generalización del método newtoniano presentaba un problema: las leyes que se buscaban eran leyes matemáticas, ¿bastaba con derivar de ellas modelos matemáticos que coincidieran con los datos cuantificados obtenidos de los fenómenos, como había hecho Newton con la gravitación; era necesario, además, construir algún modelo mecánico o analógico que permitiera visualizarlas y hacerlas inteligibles mediante una interpretación física, como habían pretendido los cartesianos y leibnizianos, o era necesaria finalmente una justificación especulativa interpretando las leyes dentro de un modelo general de la naturaleza como un todo, tal como había pretendido la Filosofía de la Naturaleza clásica? Las tres posiciones se observan claramente en el caso del descubrimiento de las leyes de la Termodinámica: en la primera se encuentran Carnot, Clausius o Boltzmann, en la segunda Faraday, Joule o Lord Kelvin, en la tercera Mayer, Oersted o Helmholtz. Pero también está en la base de todas las polémicas que envuelven la física del s. XIX.



d. El último componente del programa (aunque históricamente fue el primero en intentar llevarse a cabo) era el intento de analizar y resolver las dificultades con que se encontraban varias de las asunciones de la Mecánica de Newton y justificar su método. Esto hace que se mueva en una triple dirección:

1. Varias de las nociones fundamentales de la Mecánica resultaban difíciles de justificar y eran objeto de fuertes críticas porque Newton no adelantaba ninguna explicación mecánica de ellas. La más importante era la gravitación, cuya aceptación implicaba asumir la acción a distancia, o la atracción, como una fuerza primitiva, algo inaceptable tanto para la Filosofía de la Naturaleza clásica, que mantenía la existencia de emanaciones materiales invisibles, como para la cartesiana, que sólo admitía la acción por contacto y concedía un papel central al impulso. Incluso una newtoniana tan conspicua como Mme. de Chatelet aceptaba que la atracción a distancia era inadmisibles y consideraba necesario buscar una explicación mecánica de la gravedad. En ambos casos, se asumía que la gravedad no podía ser una causa, sino el efecto de causas más profundas. La descripción precisa de su forma de actuar mediante leyes matemáticas y su correspondencia con los fenómenos observados no serían una justificación, porque no satisfacen el principio de razón suficiente. De ahí que se acusara a la Mecánica Newtoniana de ser simplemente una ciencia de los efectos, pero no de las causas, y que se la considerara como una buena teoría matemática, pero muy mala física. El problema se agravaba porque, junto a la gravitación, parecían existir otras fuerzas, tanto de atracción como de repulsión, que actuaban a distancias más cortas (el mismo Newton en la Óptica parece hablar de fuerzas distintas a la gravedad al referirse a fenómenos como la fermentación, la cohesión, etc.). Si se quería desarrollar un Programa Newtoniano sobre la naturaleza de la materia que se distanciara y superara la Filosofía de la Naturaleza, era necesario resolver este problema.
2. Otro problema era consecuencia de la definición de átomo propuesta por Newton. Si los átomos eran masivos, rígidos, impenetrables e irrompibles, entonces eran indeformables y perfectamente rígidos. En esta situación, era imposible dar cuenta de las colisiones entre cuerpos elásticos y de las propiedades térmicas de los gases. El movimiento de los átomos en estos casos sería discontinuo (se describiría de forma discontinua), lo que supone discontinuidades en la naturaleza y la consiguiente imposibilidad de la existencia de leyes de conservación. Algo, o alguien, debía reponer continuamente el movimiento desde fuera. Aunque Newton asignaba ese papel a Dios, no parecía razonable construir un programa alternativo



a la Filosofía de la Naturaleza asumiendo de entrada semejante hipótesis. La solución se buscó en una definición de átomo diferente a la newtoniana (pero también distinta de las mónadas perfectamente elásticas de Leibniz, que tenían problemas para dar cuenta de la estabilidad e invariancia de las propiedades de la materia, como la dureza o la densidad).

3. El tercer problema afectaba al método de Newton y a la justificación epistemológica de sus principios. Aunque construye un sistema axiomático matematizado, sus principios no son evidentes, ni verdaderos por sí mismos, e incluso son extremadamente chocantes para el sentido común y la experiencia cotidiana. Por otra parte, aunque se refieren a la experiencia, tampoco son inductivos ni reciben ninguna explicación o justificación. Simplemente tienen que asumirse hipotéticamente y luego probarse por aplicación a los fenómenos, algo sorprendente en una época en que un conocimiento sólo era aceptable si era un conocimiento seguro. Más grave era que difícilmente podría competir un Programa Newtoniano en estas condiciones con una Filosofía de la Naturaleza que pretendía conocer las causas últimas y esenciales de la realidad. Y sin embargo, casi todo el mundo asumía que las teorías de Newton eran un logro modélico, una descripción precisa y verdadera de los fenómenos observados y de las leyes que los rigen. Puesto que no era posible una justificación metafísica de sus asunciones (como era habitual en la Filosofía de la Naturaleza), la justificación tenía que venir de la Teoría del Conocimiento y esa fue la tarea de Euler, primero, y luego de Kant.

Curiosamente, estos tres problemas y las soluciones propuestas para ellos serán quienes abran la puerta a la reaparición de la Filosofía de la Naturaleza bajo la forma de Naturphilosophie.

#### **4. LA FILOSOFÍA EXPERIMENTAL**

Como acabamos de indicar, una importante consecuencia del Programa Newtoniano fue el proyecto de generalizar su método y los supuestos fundamentales de la Mecánica a toda la naturaleza física para construir una teoría general de la materia. El resultado era la clasificación de las propiedades de la materia y su distribución por tipos como un primer paso para su explicación y la construcción de leyes matemáticas sobre su comportamiento. Los distintos tipos de propiedades serían la base para la emergencia y teorización de las disciplinas que formarían la física en el s. XIX. Además, el proceso seguido en este caso, sirvió de modelo para la emergencia de las



distintas disciplinas de la Química y la Biología y su separación de la Filosofía de la Naturaleza en la segunda mitad de s. XIX, e incluso para las Ciencias Sociales. Para diferenciar este tipo de estudios de los de la Filosofía de la Naturaleza, se los denominó Filosofía Experimental o Física Experimental. Su método de estudio concedía una atención importante a la experimentación y la cuantificación e incluía la postulación de entidades teóricas (los llamados imponderables) que actuaban como principios, o como base de esos principios, al modo newtoniano. Así, se hablaba de átomos corpusculares, calóricos, frigoríficos, flogisto, fluidos eléctricos, efluvios magnéticos, éter envolvente, etc., y las correspondientes fuerzas atractivas y repulsivas.

De alguna manera, todas estas disciplinas siguen un patrón de desarrollo semejante. En su comienzo, cuando aún están próximas a la Filosofía de la Naturaleza, tienen una ontología muy abundante y numerosas hipótesis especulativas acerca de partículas de diverso tipo, medios envolventes, potencias, etc., todas ellas construidas casi ad hoc para poder dar cuenta de los distintos fenómenos clasificados experimentalmente. Aunque incorporan algunos intentos de cuantificación y medición, son básicamente cualitativas y muy semejantes a la Filosofía de la Naturaleza, salvo en el supuesto de que la explicación de esos fenómenos debe hacerse mediante átomos y fuerzas semejantes a los newtonianos, aunque con las características propias de cada tipo de fenómeno. Las teorías de Lavoisier o Dalton, los estudios sobre el calor de Rumford, los de Davy o Galvani, etc., son característicos de esta etapa. En una segunda etapa se separan claramente de la Filosofía de la Naturaleza y pasan de ese razonamiento físicamente cualitativo al deductivo formal y a la matematización. En esta etapa se distancian definitivamente de las asunciones del sentido común, se utilizan modelos matemáticos descriptivos y se formulan leyes fenomenológicas cuantitativo-experimentales (es decir, leyes muy predictivas, pero poco explicativas que ayudan a definir con precisión conceptos fundamentales). Son típicas de esta etapa las series de Fourier, la ley de Coulomb, la formulación restringida de la ley de conservación de Joule, los desarrollos de Faraday, etc. En un paso final se construyen las leyes teóricas explicativas, se lleva a cabo la matematización completa y se recorta drásticamente la ontología manteniendo sólo las asunciones imprescindibles para sostener la teoría. Es también en este momento cuando se establecen las conexiones entre las distintas disciplinas resultantes. Son características de esta etapa las leyes de conservación, las ecuaciones de Maxwell, la teoría cinético-molecular, etc. Las polémicas sobre la naturaleza de los modelos (si matemáticos, mecánicos, etc.) tienen lugar en la segunda y la tercera etapa.



#### 4.1 EL RECONOCIMIENTO PÚBLICO DE LA FILOSOFÍA EXPERIMENTAL

Paralelamente a este desarrollo conceptual, se produce la separación administrativa y el reconocimiento público de la Filosofía Experimental como conjunto de disciplinas con características claramente diferenciadas de la Filosofía de la Naturaleza. A comienzos del s. XVIII la «Física» no era más que un apartado de la Filosofía de la Naturaleza dedicado al estudio cualitativo de los cuerpos naturales y compartía todas sus características (prioridad de la experiencia ordinaria, de los métodos cualitativos, etc.). Lo más importante era que su campo de estudio no se limitaba a los fenómenos puramente físicos, sino que cubría también numerosos fenómenos orgánicos, inorgánicos e incluso psicológicos. En un sentido general, el estudio de los fenómenos naturales se agrupaba en tres grandes bloques bajo el manto de la Filosofía de la Naturaleza:

- Matemáticas puras y aplicadas: geometría, astronomía, óptica, mecánica, estática, hidráulica, geografía, navegación, fortificación y ciencia de los relojes.
- Física: química, anatomía, biología, fisiología, botánica, historia natural, etc.
- Un tercer bloque indefinido llamado a veces Magia Natural, otras veces Filosofía Natural e incluso Filosofía Experimental (en la tradición baconiana): estudios sobre la visión, la luz, el sonido, el magnetismo, los secretos de las piedras, los animales y las plantas, etc.

Como puede observarse por las disciplinas incluidas dentro de ella, la Física se entiende en su sentido literal de ciencia de la naturaleza y girando en la órbita de la medicina. Los fenómenos que nosotros consideramos estrictamente físicos se incluían dentro del tercer bloque, como fenómenos y manifestaciones sorprendentes de la naturaleza. Todavía en 1785 la Academie des Sciences dividía sus actividades en dos grandes secciones: las Matemáticas (geometría, astronomía y mecánica) y la Física (integrada por Química, Anatomía y Biología); no es hasta finales del s. XVIII que se introducen dos nuevas secciones: la Filosofía Experimental (también se la llamará en numerosos documentos Física Matemática) y la Historia Natural.

Sólo en la segunda mitad del s. XVIII comienzan a presentarse propuestas de una Filosofía Experimental en un sentido semejante al propuesto por el Programa Newtoniano. Así, en 1772 Exleben publicaba un libro de texto en que aparece la Filosofía Experimental como integrada por los estudios sobre el movimiento, la gravedad, la elasticidad, la cohesión, la hidrostática, la óptica, el calor, la electricidad, el magnetismo, la astronomía elemental y la geofísica. Las matemáticas quedaban integradas exclusivamente por las matemáticas puras y sus aplicaciones ingenieriles (na-



vegación, fortificación, etc.). La base para esta distinción estaba en que los estudios de la Filosofía Experimental se encontraban en una situación límite intermedia entre las matemáticas aplicadas y la «Física» tradicional. Por esta razón se la llamaba también Física Matemática, pues se pretendía que consistiera en el desarrollo matemático de generalizaciones simples tomadas de la experiencia o de los experimentos. Su característica fundamental es, precisamente, la combinación de ambos elementos, matemáticas y experimentación, y eso contribuyó a darle una rápida popularidad en un doble sentido:

a. El recurso a las matemáticas le daba un rigor del que carecía la Filosofía de la Naturaleza, pero el carácter limitado de su matematización evitaba que llegara a ser considerada una especulación técnica elitista, incomprensible e inútil como a veces se decía de la mecánica (p. ej., Diderot en sus ataques a la matematización o Marat en el edicto de disolución de la Academie des Sciences). Su insistencia en limitarse al campo experimental, el control de la teorización por el experimento, la hacían aparecer como un conocimiento potencialmente útil y práctico con aplicaciones inmediatas al control y manipulación de la naturaleza.

b. Además, la continua utilización del experimento contribuía a la inteligibilidad y aceptación de sus asunciones. Por muy especulativas o incomprensibles que resultaran sus hipótesis, el recurso a la demostración experimental les daba una credibilidad ante el público general que no podría haberse conseguido mediante la sola utilización de recursos matemáticos abstractos. En este sentido, enlazaban con la costumbre, iniciada en el s. XVII, de presentar los experimentos como un espectáculo público para conseguir medios económicos y despertar el interés del público general. No es extraño que cuanto mayor era la dificultad para cuantificar alguna de las disciplinas integradas en esta Filosofía Experimental, más insistía en su carácter experimental y mayor era la cantidad de «espectáculos» que presentaba. El modelo de este comportamiento es la electricidad, que de ser considerada a comienzos del s. XVIII un simple aspecto del apartado general de estudios sobre el «fuego», pasa a convertirse en la rama principal de la física experimental a mediados del s. XIX, todo ello gracias a una serie de experimentos felices que la convirtieron en la fuente más popular de demostraciones divertidas y espectaculares. En el mismo sentido, se orientaban los libros de divulgación englobados bajo el rótulo de ciencia recreativa.

La combinación de estos dos factores contribuyó decisivamente al rápido desarrollo y reconocimiento de la Filosofía Experimental, evitándole numerosas críticas



y obstáculos. Incluso, la reacción romántica contra la ciencia se dirigió fundamentalmente contra la matematización de la Mecánica y sólo eventualmente contra la Filosofía Experimental. Un ejemplo de este rápido desarrollo se encuentra en la evolución de la Academia de Ciencias de San Petersburgo. Hasta 1746 constaba de dos secciones, la Física (óptica, hidráulica, botánica y astronomía) y la Matemática (mecánica terrestre y celeste). En 1747 se añade la Física Matemática (con óptica, hidráulica, calor, electricidad, magnetismo y dinámica analítica), quedando la Física integrada por química, mineralogía y meteorología. En 1790 la mecánica terrestre y celeste se incorpora a la sección de Física Matemática y las Matemáticas quedan constituidas por las matemáticas puras. Cuando comienza el s. XIX la Filosofía Experimental ya se ha convertido en Física Matemática o Física Experimental y no mantiene ningún lazo de unión con la Filosofía de la Naturaleza clásica.

#### 4.2 LA PROFESIONALIZACIÓN DE LA CIENCIA

Un segundo factor que contribuyó poderosamente al desarrollo de la ciencia y su segregación y confrontación con la Filosofía de la Naturaleza fue su profesionalización e institucionalización académica. Aunque desde el s. XVII ya existían las grandes sociedades científicas (la Royal Society, la Academie des Sciences, etc.), constituían más bien clubes, no demasiado numerosos, de gentlemen interesados en la experimentación y de profesionales entrenados. La misma distinción entre científico y filósofo natural es difícil de aplicar a los miembros de estas Sociedades (basta recordar que el grueso de sus componentes eran médicos que, en el mejor de los casos, alternaban en interés en la Filosofía de la Naturaleza con el gusto por las matemáticas). La misma instrucción científica en las universidades se centraba casi exclusivamente en las matemáticas y en las disciplinas científicas ya desarrolladas, todas de fuerte estructura matemática (Mecánica, Astronomía, etc.). No incluía, sin embargo, entrenamiento en la investigación experimental, ni eran objeto de enseñanza las disciplinas que estaban aún en proceso de constitución y que sólo disponían de muchos resultados experimentales y de teorías cualitativas y empíricas (todas las que integraban la filosofía experimental).

Su lugar era ocupado por filósofos naturales tradicionales interesados en la clasificación y atribución especulativa de las distintas propiedades a sustancias y estados diferentes y, sobre todo, postulando potencias naturales, causas ocultas, etc. Sin embargo, el interés por los resultados científicos que despertó la Revolución Industrial y la creciente confianza en la ciencia impulsada por la Ilustración condujeron a la institucionalización y profesionalización estricta de los científicos. A partir de la



creación de la Politécnica de París, en 1794, se abre un período en que se crean nuevas universidades, o se reforman las existentes, para introducir en ellas las nuevas disciplinas y el entrenamiento en la investigación de laboratorio. Este proceso será largo y gradual e irá acompañado por feroces polémicas y disputas por el poder académico. En un primer momento, las nuevas ciencias se refugiarán en estas universidades técnicas alternando con conocimientos ingenieriles y prácticos, mientras las universidades establecidas conservarán la estructura tradicional. Sólo en un segundo período, a mediados del s. XIX, se producirá el desembarco de las nuevas ciencias en las universidades clásicas.

Este proceso varía, sin embargo, de un país a otro. Así, en Francia coincide la creación de la Politécnica de París con la suspensión de la Academie des Sciences y la creación del Museo de Historia Natural que debería sustituirla. En Alemania se produce una confrontación sobre la forma en que deben entenderse estas nuevas ciencias y su status académico-cognitivo. Esta confrontación coincide con una reacción romántica contra la matematización y una recuperación de la Filosofía de la Naturaleza bajo la forma de Naturphilosophie, un conocimiento global e intuitivo de la naturaleza como un todo organizado y encargado de dar una visión dinámica del mundo que justificaría e incluiría las nuevas ciencias como especializaciones. El centro de la disputa será la Termodinámica y el concepto de energía, aunque gran parte de los apoyos teóricos de esta Naturphilosophie procederá de las disciplinas que continuaban integradas dentro de la «Física» tradicional (biología, geología, paleontología, etc.).

En cualquier caso, a mediados del s. XIX la ciencia se encuentra completamente institucionalizada y profesionalizada, proliferan las sociedades científicas destinadas a promover el avance de la ciencia y los estudiosos de estas disciplinas son reconocidos socialmente como miembros de la comunidad «científica». El resultado es la unión de la enseñanza y el diseño de la investigación, la constitución de una comunidad científica estable, profesionalizada y claramente definida, el aumento de la comunicación entre los practicantes de la ciencia, etc. Lo más importante es que se hace efectivo el principio de la investigación socialmente organizada frente a las iniciativas individuales y privadas predominantes hasta ese momento.

#### *4.3 EL DESARROLLO DE LAS NUEVAS DISCIPLINAS Y RAMAS DE LA CIENCIA Y SU INTEGRACIÓN*

Como hemos visto, desde que Newton generalizó las leyes de la Mecánica tanto a los fenómenos terrestres como a los celestes, la evolución del pensamiento científi-



co, bajo la forma del Programa Newtoniano y la Filosofía Experimental, había tenido lugar en una doble dirección: por un lado, detectando nuevos fenómenos y realizando experimentos; por otro, intentando integrarlos dentro del modelo newtoniano de partículas y fuerzas en interacción. El resultado fue una concepción mecanicista-materialista según la cual, la ciencia proporcionaba un conocimiento inmediato de la realidad, sus observaciones eran fiables y podía dar cuenta de cualquier fenómeno merced a la combinación legiforme y causal de partículas y fuerzas materiales. Se suponía que todos los aspectos de la materia y, si se quiere, de la realidad podían ser explicados desde esos supuestos.

Durante la primera mitad del s. XIX los distintos tipos de fenómenos clasificados y estudiados por la Filosofía Experimental se integran definitivamente en esa concepción. De este modo, se convierten en objeto de la ciencia numerosos aspectos que hasta ese momento se habían considerado propiedades no sistematizadas de la materia y, por tanto, particulares de los cuerpos y objeto de explicación de la Filosofía de la Naturaleza. La combinación entre la experimentación precisa y la teoría matemática abstracta permiten una profundidad de conocimiento y una potencia de aplicación sin precedentes que dan lugar al desarrollo espectacular de la física durante ese período.

Campos y dominio nuevos pasan a ser controlados por la ciencia, conectándose y explicándose los numerosos datos y fenómenos que la Filosofía Experimental había ido recopilando y clasificando pacientemente a lo largo del s. XVIII. La electricidad y el magnetismo se unificaron, primero experimentalmente y luego teóricamente; poco después se observaron conexiones con la luz. Al mismo tiempo la óptica ondulatoria reformulada por Young y Fresnel es reconocida y se unifican los conceptos de calor y trabajo, dando origen a la termodinámica, lo que, a su vez, posibilita el cambio y desarrollo de la química. Resulta, así, que las distintas propiedades generales de la materia, consideradas secundarias (las primarias eran la extensión, divisibilidad, inercia, etc.), se van haciendo coherentes y parecen señalar hacia una unificación básica que será recogida bajo el supuesto de la «conversión de fuerzas».

Al mismo tiempo el método se extiende con efectividad a otros campos como la química. Esta disponía ya de fundamentos teóricos desde comienzos del siglo XIX (la conservación de la masa y la nomenclatura química de Lavoisier, junto con la teoría atómica de Dalton) y se desarrollaba, simultáneamente, clasificando sustancias y resolviendo problemas teóricos (síntesis química, peso atómico, etc.). Avogadro había propuesto, incluso, su hipótesis molecular, que cincuenta años más tarde, una vez refinada y articulada por Canizzaro, sería aceptada. La



aplicación de la teoría a la experimentación facilitará el desarrollo de la química orgánica y, junto con la observación controlada, la tabla periódica de los elementos que permite predecir las propiedades de elementos que posteriormente se irían descubriendo.

Todos estos éxitos del programa mecanicista-materialista derivado de la Filosofía Experimental y del método científico basado en la experimentación, la matematización y la construcción de modelos hipotéticos, que se comprueban por aplicación a los fenómenos, llevan durante la segunda mitad del s. XIX a ampliar el estudio «científico» de la naturaleza hasta los casos ejemplares y paradigmáticos de la Filosofía de la Naturaleza. Incluso en biología y las «ciencias de la tierra», que hasta entonces se habían mantenido dentro de los cánones «filosóficos» clásicos y que a lo largo del siglo serán objeto de disputa entre vitalistas, influidos por la Naturphilosophie, y mecanicistas extremos, se introduce la experimentación y se establecen conexiones con la física y la química. Lo que es más, comienza a insinuarse, aunque sea tímidamente, la posibilidad de que el propio ser humano pueda ser objeto de estudio científico, con lo que la ciencia acabaría irrumpiendo en los dominios hasta entonces exclusivos no ya de la filosofía de la naturaleza, sino de la misma metafísica y la teoría del conocimiento (el núcleo de la filosofía, en última instancia).

La guinda del pastel la puso la crisis de la geometría euclídea y, con ella, de la idea de que podía alcanzarse un conocimiento verdadero del mundo sin necesidad de recurrir a la experiencia. La posibilidad de un conocimiento sintético a priori, el último reducto de la Filosofía de la Naturaleza en su pretensión de conocer las causas últimas de la realidad y las características transcendentales y fundamentales de la naturaleza y su evolución, quedaba eliminado y con él la Filosofía de la Naturaleza como forma de conocimiento directo de la realidad. La única forma de adquirir conocimiento acerca del mundo será desde entonces la experimentación combinada con la matematización, cuando sea posible, y el descubrimiento de leyes. Al mismo tiempo el modelo de ciencia se desplaza de las matemáticas a la física, que se convierte en el núcleo en torno al cual se aglutinan las otras ciencias, y aparece la idea optimista de que la investigación continuada acabará llevando inevitablemente a la unidad de las distintas ciencias y al conocimiento completo y determinista de toda la realidad.

El momento de máximo optimismo tiene lugar a mediados de siglo cuando se formula la ley general de la conservación de la energía. Se supone en ese momento que la ciencia puede llegar a dar cuenta de toda la realidad con una visión sintética (pero sistematizada, analítica e interconectada, en lugar de totalizadora, organicista



y global) similar y rival a la de la Filosofía de la Naturaleza, pero más perfecta y elaborada. Se formulan, entonces, los tres principios clásicos de unidad:

– La unidad de la ciencia: la ciencia es una forma de conocimiento unificada, interconectada y articulada. Las distintas disciplinas que la integran están, o pueden llegar a estar, estrechamente integradas entre sí e incluso pueden reducirse unas a otras.

– La unidad de la naturaleza: de la misma manera la naturaleza es única, sus diferentes manifestaciones y propiedades aparentes están interconectadas y pueden explicarse de manera semejante.

– La unidad del método: el método de la ciencia es uno y el mismo; aunque puede adoptar especializaciones diferentes según las distintas ramas de la ciencia, sus características esenciales son las mismas.

La ciencia adquiere, en ese momento, características que, hasta entonces, habían sido propias de la filosofía. Lo que es más, la ciencia acaba presentándose como la única forma genuina de conocimiento y tal pretensión es avalada por su efectividad. En tal situación, se rechaza toda pretensión de conocimiento absoluto que no sea el científico, y por tanto se niega la prioridad epistémica y ontológica que hasta entonces se había concedido a la filosofía. Más aún se rechaza cualquier reivindicación por parte de la filosofía de ser una forma de conocimiento, no ya absoluto, sino de cualquier otro tipo. Su lugar lo ocuparía la ciencia. La posición más extrema sería, curiosamente, la de Helmholtz, que, quizá entusiasmado por su generalización de la ley de conservación de la energía, consideraba a la ciencia como conocimiento científico, sistema del mundo y filosofía de la naturaleza (pues mediante fuerzas, masas y leyes inmutables daría una descripción completa de las formas y estructuras trascendentes que conforman los fenómenos).

Sin llegar a tales extremos, otros autores reconocen la prioridad del conocimiento científico y la inutilidad de un pretendido conocimiento filosófico del mundo. Más aún, puesto que la ciencia estaba en pleno proceso de estructuración global y parecía capaz de dar una imagen total, integrada y científica del mundo sólo quedaban dos caminos para la filosofía: o se convertía en una reflexión general sobre la ciencia y la imagen del mundo que ésta ofrecía o se enfrentaba abiertamente con ella (rechazando la supuesta estructura racional de la realidad, introduciendo dentro de ella un elemento moral característico, reivindicando la humanización de todo conocimiento y de la realidad misma, en una especie de principio antrópico, etc.).



Alrededor de 1860 esta articulación de la gran síntesis científica parecía una simple cuestión de tiempo. Además, empezaba a tener importantes aplicaciones en medicina y en la industria. La construcción de nuevos instrumentos científicos y el perfeccionamiento del diseño experimental permitían penetrar cada vez más allá de los fenómenos del conocimiento ordinario, mientras la matematización de las nuevas ramas de la física va aumentando su precisión y alcance. La efectividad del conocimiento científico y de su método alcanzaron tal grado de fiabilidad que la coherencia con los nuevos datos experimentales y con los restantes desarrollos científicos (sea a niveles de teorización más bajos, o en otros dominio científicos) era prioritaria sobre la coherencia con el sentido común. La ciencia empezaba incluso a rizar el rizo teórico: era capaz de intentar dar explicaciones teóricas de sus teorizaciones más abstractas y estudiar fenómenos creados por ella misma en los laboratorios y sin correlato en el mundo natural.

Sin embargo, en un corto período de tiempo, a finales del s. XIX, se produce la crisis de la concepción mecanicista, de la física clásica y de las matemáticas, precisamente las tres cosas que parecían más seguras y firmemente establecidas de toda la ciencia. Los problemas se plantearán en torno a tres puntos: (1) los conceptos de campo y de éter luminífero y electromagnético, (2) la irreversibilidad y la mecánica estadística y (3) la radiación térmica y el concepto de energía. A todos ellos hay que añadir la crisis de fundamentos de las matemáticas a finales del siglo. Lo más importante es que todos estos problemas se produjeron en aras de la estructura global de la ciencia, de sus conexiones internas, de la fiabilidad y eficacia de la experimentación y de la utilización de modelos matemáticos. Es el propio método científico y su fiabilidad quien lleva a la crisis. Eso dará lugar, a lo largo del s. XX, al abandono de la concepción de la ciencia como un saber absoluto y totalizador en favor de una visión falibilista y menos global. Pero el estudio de ese proceso es objeto de otra conferencia.



## ***BIBLIOGRAFÍA***

- Berman, M.: (1978) *Social change and scientific organization: The Royal Institution, 1799-1844*. Ithaca, Cornell U. P.
- Casini, P.: (1969) *El universo máquina*. Barcelona, Labor.
- Hahn, R.: (1971) *The anatomy of a scientific institution: The Paris Academy of Sciences, 1666-1803*. Berkeley, U. California P.
- Harman, P. M.: (1990) *Energía, fuerza y materia*. Madrid, Alianza.
- Heilbron, J. L.: (1982) *Elements of early modern Physics*. Berkeley, U. California P.
- Knight, D.M.: (1967) *Atoms and elements: A study of the theory of matter in England in the XIXth century*. Londres, Hutchinson.
- Knight, D.M.: (1970) "The physical sciences and the romantic movement", *History of Science*, 9, 54-75.
- Mackinnon, E.: (1984) *Scientific explanation and atomic physics*. Chicago, Chicago U.P.
- Olby, R.; Cantor, G.; Christie, J. & Hodge, M.: (eds) (1990) *Companion to the history of modern science*. Londres, Routledge.
- Rousseau, G. & Porter, R.: (eds) (1980) *The ferment of knowledge*. Cambridge, CUP.
- Schofield, R.E.: (1970) *Mechanism and materialism*. Princeton, Princeton U. P.
- Thackray, A.: (1970) *Atoms and powers*. Cambridge, Harvard U. P.
- Truesdell, C.: (1974) *Ensayos de historia de la mecánica*. Madrid, Tecnos.