

Leonhard Euler y el concepto de materia

JUAN ARANA
(Universidad de Sevilla)

Que Leonhard Euler ha sido uno de los físicos y matemáticos más grandes de todos los tiempos es algo en lo que todos coinciden, incluidos sus propios contemporáneos. En cambio, ni entonces ni tampoco hoy ha merecido la misma aprobación su actividad filosófica. Hasta ha habido quien ha afirmado que sus méritos en ambas disciplinas están en proporción inversa, y que «en general, es tan mal filósofo como grande en la *Mathesis*»¹. Bien es verdad que el autor de este juicio, Sulzer, era un wolfiano y, por lo tanto, un adversario de Euler. Sin embargo, muchos historiadores han coincidido en otorgar escaso valor a las incursiones eulerianas fuera del ámbito de la física y las matemáticas. Es el caso, por ejemplo, de Christian Bartholmèss, para quien Euler defiende una filosofía plagada de contradicciones e inconsecuencias². Hay un contraste tan grande entre el modo de valorar estos dos aspectos de su obra que casi resulta obligado preguntarse: ¿cómo es posible que un matemático y un físico genial sea al mismo tiempo un filósofo tan endeble? ¿No resulta sospechoso que le reconozcamos un ingenio maravilloso para ciertas tareas intelectuales y se lo neguemos para otras? Como mínimo, habría que establecer una clara separación entre ambas actividades, y suponer que están perfectamente definidos los límites que separan por un lado el ámbito de la filosofía y, por otro, el de la física y las matemáticas. Sin embargo, las cosas no eran así en el siglo XVIII, una época marcada por la idea de continuidad, que gracias a Newton, Leibniz y el cálculo infinitesimal se hizo omnipresente entre los cultivadores de las materias que estamos considerando.

Es verdad que, entonces como ahora, había asuntos inequívocamente «filosóficos», como la libertad humana, la existencia de Dios o el origen

1. Carta de J. G. Sulzer a M. Künzli de 1752, en: LUDWIG HIRZEL, *Wieland und Martin und Regula Künzli*, Leipzig, S. Hirzel, 1891, p. 55.

2. Véase CHRISTIAN BALTHOLMÈSS, *Histoire philosophique de l'Académie de Prusse depuis Leibniz jusqu'à Schelling, particulièrement sous Frédéric-le-Grand*, Paris, Marc Ducloux, 1850-51, vol. II, p. 167.

del universo, así como también temas reservados a los «matemáticos», como la resolución de ecuaciones algebraicas, y a los «físicos», como el estudio de los satélites de Júpiter o la descripción de las costumbres de las salamandras. Pero también existía una amplia gama de cuestiones intermedias, para cuya resolución, entonces y ahora también, había que ser tanto un buen filósofo como un buen físico y matemático. Cuando Sulzer, en particular, encontraba inadmisibles la filosofía de Euler, se estaba refiriendo a su actitud en la polémica sobre el principio de mínima acción, materia sobre la que no parece lícito despreciar la opinión de uno de los mayores matemáticos de todos los tiempos³.

Así pues, aceptemos que, independientemente de lo que Euler valiera en otros aspectos de la filosofía, como estaba muy impuesto «en la *Mathesis*», cabe esperar que su reflexión sobre los fundamentos metafísicos de la ciencia natural haya sido lúcida e interesante. No adelantemos, por tanto, ninguna conclusión antes de haberla examinado con detalle. Como primera aproximación voy a centrarme en el concepto de *materia*, porque tal vez sea el que se encuentra más equidistante entre el ámbito estrictamente filosófico y el científico. Mi análisis se apoyará en una serie de observaciones dispersas en la correspondencia de Euler, y en los ocho escritos que Gustaf Eneström recoge en su catálogo dentro del epígrafe «filosofía»⁴, así como alguno más de los que incluye en los apartados III.1, «mecánica en general», y III.2, «física en general»⁵.

Lo primero que indica todo este material es que Euler se ocupó de asuntos relacionados con la naturaleza de los cuerpos en general a lo largo de un período bien definido de su vida, comprendido más o menos entre 1744 y 1753⁶, esto es, durante la primera mitad de su estancia en Berlín. Fuera de esos años, prácticamente sólo se registra una excepción, si bien muy importante: las *Cartas a una princesa de Alemania*, redactadas entre 1760 y 1761, y que contienen una síntesis del pensamiento desarrollado en la etapa anterior. Se podría decir que en la primera fase Euler tiene una preocupación propiamente teórica, que va surgiendo al hilo de

3. «En general, todo el asunto se reduce a una disputa *de lana caprina*, y Maupertuis cree haber descubierto algo, sólo porque nunca se ha tomado la molestia de leer las cosas de Leibniz, porque lo que él llama *minimum actionis* es claramente lo que Leibniz llama *minimam vim vivam*. Ciertamente creo que Maup. se considera como el descubridor del asunto, pero que Euler embarulle tanto las cosas y no quiera reconocer la perfecta identidad de ambas cosas, me asombra. Porque se toma todo el trabajo del mundo para exponer bajo otros conceptos precisamente lo que ha descubierto Leibniz». Carta de Sulzer a Künzli, *loc. cit.*

4. Véase GUSTAF ENESTRÖM, *Verzeichnis der Schriften Leonhard Eulers*, Leipzig, B. G. Teubner, 1910, p. 272.

5. 25 títulos más, que en parte coinciden con los anteriores. Véase G. ENESTRÖM, *Verzeichnis...*, pp. 313-314; 332.

6. Véase G. ENESTRÖM, *Verzeichnis...*, pp. 229-236.

su investigación y de las actividades académicas que desempeña, mientras que en la segunda le mueve más bien un interés didáctico y apologético: es como si hubiese dado la cuestión de fondo por resuelta, y sólo se animara a retomarla para dar a conocer su solución a un público más amplio, mostrando de paso su fecundidad con una serie de propuestas teóricas sobre problemas sustantivos de la filosofía natural.

Por lo que se refiere a los otros escritos, es difícil decir si se da en ellos una evolución significativa. Ciertamente no se mantienen siempre los mismos criterios: aparecen ideas nuevas y algunas posturas son modificadas; pero tampoco se tiene la impresión de estar ante el despliegue progresivo de una nueva elaboración sistemática. En todo caso, habría que distinguir entre el aspecto físico y el metafísico. En el primero parece como si el autor expresara pensamientos que ya hubieran sido madurados implícitamente antes, y empleados con provecho en diversas investigaciones. En este sentido, las modificaciones que van surgiendo podrían obedecer simplemente a la necesidad de introducir correcciones de expresión y orden para evitar malentendidos. Desde 1726 Euler ha sacado a la luz con ritmo creciente trabajos de física teórica y experimental, y cuando llega el momento de elaborar especulativamente los principios de la filosofía natural, apenas tiene que retocar la concepción de la materia que ha ido forjando entretanto. El trasfondo metafísico de sus meditaciones sí parece requerir algunas modificaciones significativas, sobre todo como consecuencia de las objeciones que se van formulando contra él, pero tampoco se trata de cambios profundos. Por otra parte, mientras se ocupa de los principios metafísicos de la ciencia natural, no abandona ni mucho menos su trabajo como matemático puro o como teórico de la física, sino todo lo contrario: compone muchas decenas de memorias científicas y obras de tanta envergadura como la *Teoría del movimiento de los planetas y los cometas* (1744), la *Introducción al análisis infinitesimal* (1748), la *Ciencia naval* (1749) y la *Teoría del movimiento lunar* (1753). Por consiguiente, el interés por los fundamentos de la física no está motivado por una crisis en su praxis científica habitual.

¿Cuáles son entonces los motivos inmediatos de estas incursiones en el campo de lo especulativo? En primer lugar, no me parece extraño que sienta la necesidad de tematizar los principios de su trabajo científico, especialmente después del estudio de la cinemática y la dinámica de los puntos-masa llevado a cabo en la *Mecánica, o ciencia del movimiento expuesta analíticamente* (1736), así como sus ulteriores proyecciones en la mecánica de sólidos y fluidos. En segundo término se encuentra la guerra que inicia, en unión de Maupertuis y Mérian, contra la filosofía leibniziana, que se concreta en la polémica sobre las mónadas (1747), en la que se produce un áspero enfrentamiento entre él y Christian Wolff. Posteriormente, Euler se muestra también muy activo en el contencioso sobre la prioridad en la formulación del principio de mínima acción (1752), de modo que durante estos años se ve implicado en una gran cantidad de

discusiones filosóficas. Por último, hay que tener en cuenta los intereses teológicos de Euler, hombre de convicciones religiosas muy firmes, y que observa con profundo desagrado el progreso de los librepensadores, acogidos benévolaemente por el rey Federico II, a quien también él sirve. Por eso no puede permanecer indiferente ante el materialismo de La Mettrie y la irreligiosidad de Voltaire, d'Argens y muchos otros. Para oponerse a ellos publica en 1747 un opúsculo anónimo, la *Defensa de la revelación divina contra las objeciones de los librepensadores*⁷. Euler es un ferviente partidario de la libertad del hombre y la inmortalidad del alma, lo que le lleva a defender una ontología dualista, la cual no hubiera podido sostenerse de no haber elaborado simultáneamente una teoría de la materia y de sus relaciones con el espíritu.

Hay, en resumidas cuentas, una gran diversidad de motivos que conspiran para urgirle a diseñar una teoría filosófica de los entes corpóreos. Voy a tratar de resumirla, dejando para otra ocasión la problemática de la conexión entre la materia y el espíritu, es decir, ciñéndome exclusivamente a la metafísica de la naturaleza corpórea. Para ello recorreré por orden cronológico los escritos compuestos entre 1744 y 1753, y luego recapitularé los resultados de toda la encuesta, tal como aparecen formulados en las *Cartas a una princesa de Alemania*.

* * *

Cuando Euler se traslada en 1741 de San Petersburgo a Berlín, todavía colea la polémica de las fuerzas vivas, que durante mucho tiempo había opuesto a los seguidores de Descartes y Leibniz, ya que ambas escuelas discrepaban sobre cuál es exactamente la magnitud físico-matemática que corresponde mejor al concepto de fuerza motriz. La polémica había tenido cierta relevancia, porque la fuerza equivale a la de causa del movimiento, y en una teoría físico-matemática la cantidad que sirva para medirla adquirirá unas connotaciones ontológicas muy importantes. Sin embargo, el nivel de los contendientes se ha ido degradando con el tiempo, y a la sazón está en manos de diletantes y filósofos de escasa talla, como la Marquesa de Châtelet y el caballero Dortous de Mairan. Por otra parte, el grueso del partido de las fuerzas vivas está constituido por los wolffianos, que dominan la enseñanza de las ciencias naturales en Alemania, aunque con la oposición de algunas voces discrepantes, como la de Johann Andreas von Segner, profesor de física y matemáticas de Gotinga. Euler entabla relación epistolar con éste último a partir de 1742⁸, y discute

7. *Rettung der Göttlichen Offenbarung gegen die Einwürfe der Freygeister*. He ofrecido una traducción de este escrito, acompañada de un estudio introductorio, en: *Thémata*, vol. 8, 1991, pp. 195-219.

8. Véase L. EULER, *Opera omnia*, Serie IV A, vol. 1: *Descriptio commercii epistolici* (citado en adelante como: *Briefwechsel*), núms. 2417-2577.

con él, entre otros temas, los errores de la física wolffiana, los principios de la mecánica⁹ y el concepto de fuerza¹⁰. Un año más tarde, Euler presenta a la Academia berlinesa una memoria *Sobre la fuerza de percusión y su verdadera medida*¹¹. He analizado este escrito en otra parte¹², de modo que ahora sólo me detendré en lo que afecta directamente al problema que nos ocupa. Distingue Euler entre *fuerza e inercia*: los cuerpos conservan naturalmente el estado de reposo o bien de movimiento rectilíneo uniforme que poseen, y la fuerza no es otra cosa que la *causa* de que ese estado se modifique. En cambio, la causa de la conservación natural del propio estado es la *inercia*¹³. Ambos conceptos se refieren por tanto a una causa relacionada con el movimiento, pero en distinto sentido. Al estudiar la relación causal en el caso del movimiento, se había distinguido tradicionalmente entre motor y móvil, aludiendo al sujeto agente y paciente de aquélla; sin embargo, en la nueva mecánica la causa no está ya directamente vinculada al movimiento, sino al estado cinemático, de forma que por un lado está el reposo y el movimiento uniforme, y por otro el movimiento variado (cuando hay aceleraciones y/o cambios de dirección). Euler sostiene que esta modificación del esquema explicativo del movimiento implica la existencia de dos tipos de acción causal. La primera es la inercia: sirve para mantener el estado, es intrínseca, natural, y conlleva la identidad de agente y paciente. La segunda, la fuerza, es extrínseca, violenta, y sólo en ella sigue rigiendo la oposición entre un agente (motor) y un paciente (móvil). El paso de la física antigua a la moderna ha complicado el esquema explicativo del movimiento, pero a cambio de ello —y aquí está la aportación teórica de Euler—, ha *simplificado* los presupuestos *ontológicos* de estos fenómenos, porque la dualidad motor/móvil se resuelve en la simple multiplicidad de cuerpos: cada uno de ellos, en efecto, es directamente responsable de la conservación de su propio estado, y se convierte por medio del choque en el causante de la modificación del estado de los demás, gracias a un intercambio recíproco de fuerzas. Ello se debe a que, cuando un cuerpo tropieza con otro, ninguno de los dos puede seguir manteniendo el estado de movimiento que tenía, y entonces la resistencia a cambiar de cada uno de ellos desencadena la mo-

9. Véase Carta a Segner a Euler del 4-1-1743, *Briefwechsel*, núm. 2423.

10. Véase Carta de Segner a Euler del 17-4-1743, *Briefwechsel*, núm. 2426.

11. *De la force de percussion et de sa veritable mesure. Opera omnia*, Serie II, vol. 8 (en adelante resumiré estas indicaciones de la siguiente forma: II, 8), pp. 27-53. La memoria fue presentada el 4-6-1744 y publicada en 1746 en el tomo de la *Histoire* de la Academia correspondiente a 1745, pp. 21-53. Casi todos los escritos de Euler están numerados por párrafos, de modo que, si no indico lo contrario, todas las citas y referencias se remiten a ellos.

12. Véase el comentario de mi edición de: I. KANT, *Pensamientos sobre la estimación de las fuerzas vivas*, Bern, Peter Lang Verlag, 1988, pp. 287-291.

13. Véase *De la force...*, § 1.

dificación del otro¹⁴: en el dominio de las fuerzas ya no hay acciones, sino únicamente interacciones, de acuerdo con la tercera ley newtoniana del movimiento, que estipula la igualdad de acción y reacción.

En el fondo, lo que propone Euler es una reinterpretación cartesiana de Newton: no es indispensable acudir a los «principios activos» de éste para explicar el movimiento en el mundo; podría bastar el primer impulso que Dios comunicó a la materia, porque la inercia, aunque con respecto al cuerpo que la posee es precisamente lo opuesto a la fuerza, se convierte de hecho en una fuerza con respecto a los demás cuerpos¹⁵. En armonía con este valor doble y decisivo, Euler insiste en que la inercia es una propiedad general de todos los cuerpos, proporcional a la cantidad de materia, es decir, a la masa¹⁶. No cabe duda de que hemos dado con un atributo esencial en la concepción euleriana de la materia, y todo el resto del escrito no hace otra cosa que ponderar su valor explicativo, tanto en el caso de la presión, como en el de la percusión o choque. El problema del choque es el que mayor confusión ha suscitado entre los físicos, llegando a provocar una auténtica logomaquia¹⁷. Euler opina que no puede haber una discontinuidad insuperable entre los distintos tipos de acción dinámica¹⁸, y con ayuda de dos propiedades suplementarias de los cuerpos, la dureza y la elasticidad, espera mostrar que hay un tránsito gradual entre dos tipos de acción que los leibnicianos creían heterogéneas (las fuerzas vivas y muertas)¹⁹.

Estos son, en síntesis, los resultados de la primera aproximación de Euler a la determinación del concepto de materia: inercia, dureza, elasticidad y, sobre todo, supresión de todos los principios intrínsecos de alteración del estado cinemático de los cuerpos. Inicia así un camino cuyos siguientes pasos están relacionados con la campaña que desencadena poco después contra las mónadas de Leibniz y los seres simples de Wolff. No voy a incidir en esta polémica, que será objeto de un estudio separado, y me voy a ceñir a la alternativa teórica que Euler propone en sustitución de las sustancias simples e inextensas.

* * *

El primer atributo asignado por Descartes a la materia, y el único esencial para él, era la extensión. Pretendía que la extensión es la única idea clara y distinta que podemos descubrir al estudiar los cuerpos, y que

14. Véase *De la force...*, § 2.

15. Véase *De la force...*, § 3.

16. Véase *De la force...*, § 4.

17. Véase *De la force...*, § 7. El calificativo se refiere, claro está, al desarrollo de la polémica de las fuerzas vivas.

18. Véase *De la force...*, § 11.

19. Véase *De la force...*, §§ 14 y ss.

basta con ella y sus modificaciones (figuras y movimientos) para explicar todo lo que acaece en el mundo sensible. Los leibnicianos sostuvieron, por el contrario, que la extensión es una idea confusa que debe ser explicada desde una instancia superior, para resolver esa confusión en nociones auténticamente simples. Hay un procedimiento físico para intentar descomponer la extensión en sus elementos: es la división, proceso que proporciona partes separadas, que en realidad siguen siendo cuerpos extensos, y que en la práctica no se puede llevar muy lejos. Los metafísicos pronostican que tampoco tiene sentido postular una división hasta el infinito, y que por este medio no podrían averiguarse los verdaderos principios que dan lugar a la extensión y los cuerpos extensos. Arduo problema, ciertamente, que Euler aborda en otra memoria presentada tan sólo unos días después de la que ya hemos examinado: *Investigaciones físicas sobre la naturaleza de las partes más pequeñas de la materia*²⁰. Si la división física no es el camino adecuado para llegar a los elementos, habrá que elegir otro. Los wolffianos proponen el principio de razón suficiente que, aplicado a los fenómenos corpóreos, permitiría atisbar los seres reales que hay tras ellos. Otros principios, como el de identidad de los indiscernibles, servirían también para acabar de definir las propiedades de esos elementos. Euler asume parte de este planteamiento, y comienza constando que la diversidad cualitativa es un rasgo universal de todos los cuerpos: no hay dos de ellos que tengan exactamente el mismo color, dureza, elasticidad e incluso tamaño²¹. Es lícito preguntarse por la razón suficiente de esa variedad casi infinita, pero ¿es necesario remontarse para buscar una respuesta válida hasta un plano metafísico, que vaya más allá de todos los atributos de los cuerpos? Euler no lo cree; por eso sus investigaciones son *físicas*, no *metafísicas*; solamente pretende encontrar las partes más pequeñas de los cuerpos, no cómo surgen éstos a partir de cosas que no sean *partes*. Deja muy claro, pues, que lo que busca no son los *elementos*, sino las *moléculas*²², es decir, no seres protocorpóreos privados de todas las propiedades de la extensión, sino unos corpúsculos mínimos en los que la materia se presente tan desprovista de aderezos, que ofrezca al físico la posibilidad de apoyarse en ellos para dar razón de otras formas más complejas.

Si queremos explicar la variedad de los cuerpos a partir de sus partes, podemos recurrir en principio a dos factores diferentes: a) la variedad de las partes mismas; b) el modo en que éstas se unen. Pero, como cada parte puede ser considerada a su vez como un todo, este mecanismo explica-

20. *Recherches physiques sur la nature des moindres parties de la matière. Opera omnia*, III, 1, pp. 3-15. Esta memoria fue presentada el 18-6-1744 y publicada en 1746 en una recopilación titulada: *Opuscula varii argumenti*.

21. Véase *Recherches...* § 1.

22. Véase *Recherches...* § 7.

tivo no se agota al aplicarlo una vez, sino que se replantea cada vez que se efectúa una nueva división, con la salvedad de que, al ir disminuyendo el tamaño de las partes y, por tanto, el número de porciones que a su vez comprenden, los dos factores de diversificación van perdiendo poco a poco eficacia, y en el límite no tendrían que tener valor alguno. La pregunta que entonces se plantea es si las partículas más pequeñas son o no semejantes entre sí²³.

A primera vista parece cuestionable la capacidad de la física para responder a esto, puesto que ni la experiencia ni la razón son capaces de aportar la evidencia precisa. Euler cree, no obstante, que existe una vía de acceso, si nos restringimos a la relación entre extensión e inercia en las partículas más pequeñas de los cuerpos²⁴. He aquí por tanto una primera vinculación entre la extensión, el atributo de los cuerpos que los cartesianos consideran esencial, y la inercia, que Euler ha convertido ya en la propiedad clave para explicar el movimiento.

El punto de partida es la proporcionalidad establecida por Newton entre los pesos y las inercias. La inercia de un cuerpo mide la cantidad de materia —la masa— que encierra. La coincidencia entre lo que hoy llamamos masa inerte y la masa gravitatoria es un hecho muy peculiar, que más adelante provocará grandes conmociones en la física teórica. Euler lo utiliza como palanca para remover los obstáculos que ocultan el secreto de la esencia de la materia. Hay una relación constante ente el peso y la masa de todos los cuerpos, mientras que no la hay entre el peso y la extensión; razón por la que cada cuerpo tiene una *gravedad específica* propia²⁵. Estas premisas, combinadas con algunas conjeturas sobre la gravedad, van a servir a Euler para afirmar que las partículas más pequeñas de los cuerpos tienen la misma *gravedad específica*²⁶ y la misma *densidad*, o sea, la misma razón masa/volumen²⁷, un resultado que parecerá paradójico a los metafísicos wolffianos, para quienes no hay otro modo de explicar la diversidad de los seres compuestos que postular una diversidad paralela en los seres simples.

Hay que distinguir, sin embargo, entre los seres simples —o elementos— y las partículas más pequeñas —o moléculas—. Euler sostiene que la sustancia que pertenece a un cuerpo está formada por las porciones de materia solidariamente unidas entre sí, una vez descontados las grietas y poros internos, por los que circula libremente la materia circundante, ya sea el agua, el aire o la materia sutil²⁸. Esta observación todavía no pro-

23. Véase *Recherches...*, § 2.

24. Véase *Recherches...*, § 3.

25. Véase *Recherches...*, § 4.

26. Véase *Recherches...*, § 5.

27. Véase *Recherches...*, § 9.

28. Véase *Recherches...*, § 6.

porciona un criterio para determinar partículas de ningún género. No obstante, Euler consigue obtenerlo introduciendo dos supuestos adicionales: 1. El peso de los cuerpos es un efecto producido por el movimiento del éter o materia sutil. 2. La presión del éter sobre los cuerpos implica la existencia en ellos de partes desprovistas de poros, o con poros tan pequeños que no permiten la penetración de la materia sutil, la cual, no pudiendo pasar libremente a través de ellos, comunica a las partes su impulso, provocando un empuje, que es el responsable en último término de la gravitación²⁹. Ahora ya se puede establecer una diferencia objetiva entre unas partes y otras, a partir del tamaño de sus poros en comparación con la materia sutil. Las partículas impermeables a ésta última constituyen según Euler las partes más pequeñas de la materia o *moléculas*.

Las moléculas, naturalmente, son extensas y no pueden ser confundidas con los elementos, pero lo más importante es que todas tienen la misma densidad, es decir, son homogéneas por lo que respecta a la proporción entre la extensión y la masa. Euler lo demuestra mediante la misma conjetura que ha empleado para probar su existencia: si la gravedad procede de la presión de un fluido, cada molécula es empujada de acuerdo con su volumen, tal como pronostica la conocida regla hidrostática (el principio de Arquímedes). Así pues, el peso es por un lado proporcional a la cantidad de materia en todos los cuerpos y, por otro lado, el peso de todas las moléculas es proporcional a sus volúmenes; por consiguiente, la masa y el volumen de las moléculas guardan siempre una razón idéntica³⁰.

Es innegable que Euler ha abusado aquí de la explicación de la gravedad basada en la presión de la materia sutil, que al fin y al cabo no era más que una hipótesis especulativa, aun cuando gozara de una gran popularidad³¹. Pero al menos hay que reconocer que no ha penetrado todavía en el terreno de la metafísica, puesto que no ha tenido que conjeturar condiciones que estén más allá del espacio y la divisibilidad de la extensión. Por tanto, su especulación es de orden estrictamente físico, aunque roza el límite de lo permisible en esta ciencia, circunstancia que no le impide llevarla hasta sus últimas consecuencias: En primer lugar afirma que, si todas las moléculas son igualmente densas, las diferencias que en-

29. Véase *Recherches...*, § 7.

30. Véase *Recherches...*, § 9.

31. En una carta de esta época, Daniel Bernoulli reprocha a Euler estar excesivamente apegado a la teoría cartesiana de la gravedad, y lo achaca a su hostilidad hacia los ingleses. Véase Carta del 20-1-1742, *Briefwechsel*, núm. 143: «Ciertamente, sé muy bien cuán pocos motivos tiene Vd. para estar satisfecho con los ingleses, que en lugar de venerarlo como un verdadero ornamento de nuestro siglo, más bien lo desprecian todo; pero estoy seguro de que si viviera el gran Newton, hubiera hablado de Vd. de un modo muy diferente». P. H. FUSS, *Correspondence mathématique et physique de quelques célèbres géomètres du XVIIIe siècle*, S. Petersbourg, 1843, vol. II, p. 480.

contramos en los cuerpos tienen que deberse a que contienen una cantidad variable de moléculas por unidad de volumen³². Luego se pregunta si las moléculas mismas son perfectamente sólidas o porosas (en todo caso, los poros serían tan pequeños que no permitirían el paso del éter). Se inclina por la primera opción, porque le parece poco verosímil que en todas haya una proporción constante de huecos y materia compacta³³. Ni siquiera se abstiene de elucubrar sobre la esquiva materia sutil, y sostiene que: 1) no contiene vacío alguno, porque para ejercer sus efectos tiene que estar muy comprimida; 2) posee una densidad mucho más baja que la materia ordinaria, porque en otro caso constituiría un medio demasiado denso para permitir el movimiento en su seno³⁴.

En definitiva, Euler apuesta por la existencia de dos clases de materia: un fluido sutil causante de la gravedad (el éter), cuya densidad es probablemente homogénea y varios miles de veces menor que el aire, y la materia ordinaria, constituida por un agregado de moléculas de la misma densidad. Sobre la causa de esa homogeneidad, piensa que quizá sea una consecuencia necesaria, aunque desconocida, de la esencia de la materia³⁵. Es la única alusión, y no puede ser más prudente, al trasfondo metafísico del problema.

* * *

La audacia mostrada por Euler en sus memorias de 1744 va a ser ampliamente superada durante los años siguientes. En 1746 la Academia de Ciencias de Berlín convoca un concurso para dirimir la existencia o no de las mónadas y, eventualmente, su capacidad para explicar los fenómenos relacionados con el origen de los cuerpos y su movimiento³⁶. Con este motivo, Euler compone y edita anónimamente el opúsculo *Pensamientos sobre los elementos de los cuerpos, en los que se examina la teoría de los seres simples y mónadas, y se descubre la verdadera esencia de los cuerpos*³⁷. Con él, baja definitivamente a la arena filosófica para desafiar a los metafísicos leibno-wolffianos en su propio terreno. Es una obra fundamentalmente crítica, que trata de desvirtuar las doctrinas de Leibniz y Wolff sobre la naturaleza última de los cuerpos. En cierto modo, puede ser entendida como la devolución de una visita, ya que Christian Wolff y sus

32. Véase *Recherches...*, § 10.

33. Véase *Recherches...*, § 12.

34. Véase *Recherches...*, § § 13-14.

35. Véase *Recherches...*, § 11.

36. Véase A. HARNACK, *Geschichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, Berlin, 1900, vol I, 1, pp. 402-403.

37. *Gedanken von den Elementen der Körper, in welchen das Lehr-Gebäude von den einfachen Dingen und Monaden geprüft, und das wahre Wesen der Körper entdeckt wird*, Berlin, 1747, *Opera omnia*, III, 2, pp. 347-366.

discípulos tampoco han dudado en penetrar en los terrenos de la física y las matemáticas, sin hacer ningún caso de las críticas que Euler ha dirigido a estos trabajos³⁸. Golpe por golpe, ahora es Euler quien, además de atacar la metafísica leibno-wolffiana de los cuerpos, pretende sustituirla por una mejor, como anuncia en el título de este escrito³⁹.

Varios son los defectos que encuentra en la teoría de las mónadas y los seres simples: ambas doctrinas comparten la tesis de que los seres compuestos proceden de la unión de seres simples inextensos. Según la interpretación de Euler, mientras Leibniz pretende que en cada cuerpo hay un número infinito de elementos, y sólo se podría llegar a ellos después de un proceso de división al infinito, Wolff sostiene que su número es limitado y, por tanto, la descomposición que se requiere también sería finita⁴⁰. Los dos autores atribuyen a los elementos una fuerza intrínseca, que produciría un continuo cambio de estado y, a nivel fenoménico, originaría la fuerza motriz de los cuerpos; pero, mientras Leibniz cree que esa fuerza es de índole psíquica (una capacidad de representación), Wolff la deja sin determinar, conformándose con establecer que es ella la que individualiza a los elementos, ya que la mera localización espacio-temporal es insuficiente, de acuerdo con el principio de la identidad de los indiscernibles⁴¹.

Como era previsible, los wolffianos rechazarán de plano esta interpretación, porque según ellos confunde nociones matemáticas, meramente ideales, con conceptos metafísicos, que han de referirse a la realidad⁴². Entre otras cosas negarán que sea posible pasar de los seres compuestos a los simples a través de un proceso de descomposición⁴³, y que el número de elementos sea realmente infinito⁴⁴.

Por su parte, Euler está persuadido de que en cualquier caso la doctrina de los seres simples es insostenible, porque una división al infinito contradice la noción de lo que se pretende alcanzar con ella⁴⁵, y por otro lado no se puede generar un ser extenso a partir de un número finito de seres inextensos⁴⁶. Sin embargo, la crítica más fuerte está dirigida contra el concepto wolffiano de *fuerza activa* o *motriz*, que constituye, junto con

38. Véase la correspondencia de Euler con J. A. Segner y con Ch. Wolff, *Briefwechsel*, núms. 2417-2585; 2820.

39. De carácter sincero e ingenuo, Euler tenía cierta tendencia a anunciar a bombo y platillo la importancia de sus descubrimientos en los encabezamientos de sus publicaciones. Véase *Préface* de P. H. FÜSS a *Correspondance...*, vol. I, p. xxvii.

40. Véase *Gedancken...*, I, § 2.

41. Véase *Gedancken...*, I, §§ 2-12.

42. Véase S. FORMEY, *Recherches sur les elemens de la matière*, 1747, § § IV-LXXXVII.

43. Véase FORMEY, *Recherches sur les elemens...* § LXIII.

44. Véase FORMEY, *Recherches sur les elemens...* § § LX, LXI.

45. Véase *Gedancken...*, II, § § 5-6.

46. Véase *Gedancken...*, II, § 8.

la inercia y la extensión, el punto de partida de su explicación de los fenómenos⁴⁷. Euler es taxativo: los fenómenos de cambio no avalan la hipótesis de que exista en los cuerpos un esfuerzo continuo para cambiar de estado⁴⁸. La ley de conservación del estado de reposo o movimiento uniforme de los cuerpos sobre los que no actúan fuerzas externas es, por el contrario, un principio infalible, avalado tanto por la razón como por la experiencia universal⁴⁹. No existen, por tanto, las fuerzas activas que postula la filosofía leibnowolffiana, ya sean primitivas o derivativas. En cambio, la tendencia de los cuerpos a perseverar en el estado anterior ha de estar contenida en su esencia. Euler explica las razones que encuentra para hacer de esta tendencia la única fuerza actuante en el mundo corpóreo, doctrina que ya ha esbozado en *Sobre la fuerza de percusión y su verdadera medida*, con la salvedad de que allí afirmaba que la inercia no puede ser considerada una fuerza en sentido propio, mientras que ahora no respeta ese criterio:

«Esta fuerza que tienen todos los cuerpos para perseverar en su estado se llama en la doctrina del movimiento *fuerza de inercia*, y es una propiedad tan general de los cuerpos como la extensión, puesto que sin esta fuerza un cuerpo dejaría por completo de ser cuerpo, como lo haremos ver enseguida de la forma más distinta»⁵⁰.

Para lograrlo, argumenta que sin esta fuerza no habría choque ni resistencia en el universo: sería como si los cuerpos pudieran penetrarse, a pesar de que la impenetrabilidad es una propiedad de los cuerpos tan esencial como la extensión⁵¹. He aquí una nueva propiedad de la esencia de los cuerpos que se suma a la extensión y a la (fuerza de) inercia, aunque Euler no ha establecido correctamente la vinculación entre ellas: una cosa es que los cuerpos tengan inercia y se resistan a cambiar de estado cinemático, otra que estén cohesionados y se opongan a que se altere la posición relativa de sus partes, y una tercera que sean impenetrables, es decir, que sus partes no puedan ocupar simultáneamente con otro cuerpo el mismo lugar en el espacio. Cabe dentro de lo posible un mundo de cuerpos sin inercia y hasta sin cohesión, pero con impenetrabilidad: sería algo así como un universo de figuras geométricas en movimiento, carentes de masa. Por supuesto, habría que determinar unas reglas diferentes para resolver el encuentro de tales cuerpos (del mismo modo que cuando dos personas civilizadas tropiezan una con otra, no resuelven el conflicto a

47. Véase Ch. WOLFF, *Cosmologia generalis, methodo scientifica pertractata*, Franckfurt y Leipzig, 1737, §§ 300 y ss.

48. Véase *Gedancken...*, II, § 10.

49. Véase *Gedancken...*, II, § 14.

50. Véase *Gedancken...*, II, § 16.

51. Véase *Gedancken...*, II, § 19.

través de las leyes de la mecánica, sino recurriendo a alguna de las muchas convenciones sociales existentes). Pero, dejando esto aparte, está claro que mediante el choque y la inercia de los cuerpos se puede obtener un universo en perpetuo cambio: es una cosmología parecida a la de Descartes, pero basada en las tres leyes newtonianas del movimiento. Estas leyes son las que permiten unificar toda la filosofía natural desarrollada a partir de Copérnico y Galileo, y constituyen los principios de una teoría que está en perfecta armonía con los fenómenos, cosa que, según Euler, no han conseguido ni los cartesianos (aferrados a sus erróneas reglas del choque), ni los newtonianos estrictos (que no logran un sistema cerrado, al no dar una explicación de la causa de la gravedad y recurrir a los «principios activos»), ni tampoco los leibnicianos (que, con su pretensión de superar el dualismo psico-físico, proponen un concepto de fuerza que está en conflicto con las leyes de la mecánica).

Así llega Euler a la conclusión de que, si los cuerpos están compuestos de seres simples, inextensos e indivisibles, tendrán que poseer también una fuerza para perseverar en su estado⁵². En realidad, está lejos de creer que tales seres existan; la conclusión es hipotética y está destinada a despojar a los elementos de su actividad intrínseca y de todo principio metafísico de individuación:

«No habiendo, pues, en los seres simples fuerza alguna destinada a producir un cambio continuo, todas las consecuencias extraídas del principio de los indiscernibles para probar la diversidad de estas fuerzas caen por sí mismas, y no necesitan una refutación ulterior»⁵³.

La inercia queda definitivamente adscrita a la esencia de la materia⁵⁴, lo cual sirve a Euler no sólo para consagrar desde la metafísica el principio explicativo más importante de la nueva ciencia, sino también para excluir positivamente de la materia toda una serie de atributos que los materialistas del momento insisten en asignarle. Los cuerpos son inertes, es decir, *entes pasivos*⁵⁵, y su pasividad es incompatible con cualquier propiedad que implique en ellos una modificación autónoma y espontánea como, por ejemplo, la capacidad de pensar⁵⁶. La oposición entre los seres materiales y los espirituales es total, lo cual desemboca obviamente en una ontología dualista:

«Por tanto, hay que establecer dos clases muy particulares y enteramente diferentes entre los seres que existen en el universo. Una encierra las cosas

52. Véase *Gedancken...*, II, § 39.

53. Véase *Gedancken...*, II, § 41.

54. Véase *Gedancken...*, II, § 47.

55. Véase *Gedancken...*, II, § 52.

56. Véase *Gedancken...*, II, §§ 48-49.

corporeas, cuya esencia consiste en la fuerza de conservar inmutablemente su estado. Otra comprende las almas y los espíritus, que poseen la fuerza de cambiar su estado, y solamente a ellos, siguiendo la doctrina de Leibniz, puede ser atribuida la fuerza de representarse el universo»⁵⁷.

Al final queda descartada la idea misma de los elementos, precisamente porque, como no pueden tener capacidad representativa ni una fuerza activa propia, no se puede establecer entre ellos discernibilidad alguna⁵⁸. Como se ve, Euler conserva algunos criterios de la filosofía leibniziana y, a pesar de las acusaciones de los wolffianos, tampoco cae en el idealismo matematicista: se opone a transportar a la ontología los conceptos del cálculo infinitesimal, porque el infinitésimo es para él una pura nada, y el infinito matemático, una convención para dar sentido a la operación de dividir un número cualquiera por cero⁵⁹. Como unos seres simples infinitesimales serían contradictorios, y no es posible formar un cuerpo con un número finito o infinito de ellos, hay que eliminar de la filosofía la idea de seres simples que sean elementos de los cuerpos⁶⁰. En consecuencia, los cuerpos son infinitamente divisibles, y no existen en ellos partes que sean indivisibles⁶¹.

«De ello se sigue, pues, que no hay tales seres simples que compongan los cuerpos, y que por consiguiente todas las partes de los cuerpos, cualquiera que sea su pequeñez, no son menos compuestas que el cuerpo entero mismo»⁶².

El opúsculo finaliza con la advertencia de que todo lo dicho no afecta para nada a la unión estrecha de todas las partes del universo, ni a la teoría de la armonía universal, según la cual basta conocer perfectamente una parte del cosmos para descubrir el estado del resto⁶³: nuevos giros de pensamiento leibniziano, que el neocartesiano Euler recupera para una concepción que pretende mantener a la libertad y la fe como claves del reino del espíritu, mientras la necesidad y la razón reinan en el mundo material.

* * *

Sin entrar en el fondo de la controversia entre Euler y Wolff sobre el problema de los elementos, podemos extraer de ella algunas consecuen-

57. Véase *Gedancken...*, II, § 51.

58. Véase *Gedancken...*, II, § 59.

59. Véase *Gedancken...*, II, § 61.

60. Véase *Gedancken...*, II, §§ 67-68.

61. Véase *Gedancken...*, II, § 47.

62. Véase *Gedancken...*, II, § 74.

63. Véase *Gedancken...*, II, §§ 81-82.

cias que conciernen a la cuestión examinada. La principal es que para Euler la metafísica de los cuerpos no tiene por qué estar confinada en el plano fenoménico, pero tampoco puede dejar de estar en función de él. Las conjeturas del filósofo pueden ir mucho más lejos de lo que directamente enseña la experiencia, mas en ningún caso pueden erigir una barrera infranqueable entre la realidad y la apariencia. Hay que conceptuar las cosas y sus esencias de tal modo, que sea posible deducir con naturalidad las leyes que la nueva ciencia ha conseguido hallar por otros caminos, y no es admisible que una idea surgida de meras consideraciones a priori contradiga lo que la experiencia enseña.

Por lo demás, la noción euleriana de materia ha quedado enriquecida con una nueva propiedad: la continuidad, factor que es necesario incluir en la definición de su esencia. Es un resultado importante, pero para obtenerlo Euler se ha visto envuelto en un tipo de discusiones que para los científicos de la época resultan enojosas y pueden llegar a empañar los logros indiscutibles que están consiguiendo mediante la aplicación aséptica de unos métodos que ya están en trance de ser canonizados. El precio que tendrá que pagar por ello es la soledad, ya que sus colegas no van a estar dispuestos a seguirle en esta dirección, como le hace saber amistosamente el más relevante de todos ellos, Daniel Bernoulli:

«El Sr. Ramspeck ha escrito a mi padre que Vd. está metido en diversas controversias metafísicas públicas. No debería Vd. dejarse comprometer en materias semejantes, porque no se espera de Vd. nada más que cosas sublimes, y en éstas no es posible descollar. (...) Me perdonará mi franco modo de hablar, que sólo utilizo con mis verdaderos amigos»⁶⁴.

Incomprensiones aparte, se va haciendo necesario repensar y sistematizar los resultados de todos estos trabajos. Euler no publica entonces, ni tampoco luego, nada por el estilo, pero entre sus manuscritos inéditos se encuentra un tratado bastante extenso titulado *Introducción a la física, en la que se establecen los principios de la explicación de todos los sucesos y cambios que se producen en la naturaleza*⁶⁵, que precisamente contiene una discusión sistemática de los principales conceptos de la física. No se conoce con exactitud la fecha de composición. Cuando fue publicado por primera vez, en 1862, se pensó que se trataba de una obra muy temprana, de la década de 1730. Gustav Eneström advirtió, sin embargo, que la obra no puede ser anterior a 1745, por la referencia a Maupertuis contenida en el

64. Carta de D. Bernoulli a Euler del 16-8-1747, *Briefwechsel*, núm. 170. P. H. FUSSE, *Correspondance...*, vol. II, p. 621.

65. *Anleitung zur Naturlehre, worin die Gründe zu Erklärung aller in der Natur ereignenden Begebenheiten und Veränderungen festgesetzt werden. Opera omnia*, III, 1, pp. 16-178.

§ 75⁶⁶. Esto parece más conforme con el grado de madurez que revelan las reflexiones que formula sobre el concepto de materia. Hay, pues, indicios externos e internos que nos permiten situarla precisamente en la época de las discusiones con los wolffianos. Veamos qué nuevas aportaciones teóricas realiza al tema que estudiamos.

La física, empieza diciendo Euler, es la ciencia que indaga las causas de los cambios que se producen en los cuerpos⁶⁷. Ahora bien, como todos ellos tienen que estar fundados en las propiedades de la materia, es necesario ante todo estudiar ésta⁶⁸. Por consiguiente, hay una perfecta continuidad entre la física y los principios metafísicos que la sustentan. Indudablemente, se trata de un metafísica *sui generis*, que prolonga sin alterarlas las conjeturas más arriesgadas de la física. Así lo confirman las definiciones de propiedad y esencia: una propiedad es aquello que conviene sin excepción a todos los individuos del género al que se atribuye: si, por ejemplo, una cosa no posee una propiedad de los cuerpos, entonces tampoco podrá ser un cuerpo⁶⁹. La esencia, en cambio, es una propiedad tan exclusiva, que todos los individuos que la poseen pertenecen al género considerado⁷⁰. Como es lógico, todas las propiedades generales de los cuerpos están fundadas en su esencia, y no puede serles atribuida más que las que están contenidas en ella⁷¹. Las propiedades particulares resultan a su vez de limitaciones especiales de las generales. Habida cuenta de ello, conviene que el estudio de los cuerpos comience por su esencia, continúe con las propiedades generales y termine en las particulares⁷². No se puede concebir un orden más convencional que éste: una vez reconciliada la física y la cosmología general, Euler es partidario de una estructuración estrictamente jerárquica de todo el campo de la razón. No obstante, su discurso no acaba de asimilarse a los esquemas del racionalismo, porque parte de un desconocimiento inicial de la esencia de los cuerpos: hay que averiguar en qué consiste, y para ello es menester desandar el camino natural de la deducción, examinando una por una las propiedades generales de la materia, para encontrar el atributo que contiene la razón suficiente de todas ellas.

Euler analiza en primer lugar la *extensión*: no hay cuerpo que carezca de ella⁷³, pero el hecho de tenerla no garantiza la corporeidad, puesto que muchos entes matemáticos también son extensos. Existen otras propiedades generales que necesariamente están unidas a la extensión, como la *di-*

66. Véase ENESTRÖM, *Verzeichnis...*, p. 205.

67. Véase *Anleitung...*, § 1.

68. Véase *Anleitung...*, § 3.

69. Véase *Anleitung...*, § 4.

70. Véase *Anleitung...*, § 5.

71. Véase *Anleitung...*, § 6.

72. Véase *Anleitung...*, § 8.

73. Véase *Anleitung...*, § 9.

visibilidad y la continuidad⁷⁴. Euler no vacila en tomar posición ante la espinosa cuestión que aquí se plantea: se aferra al postulado de que todo lo que puede ser dicho de la extensión en tanto que extensión, ha de afirmarse con igual certeza de todos los cuerpos sin excepción. Por eso rechaza la distinción que hacen los wolffianos entre divisibilidad matemática y divisibilidad física, y asume la infinita divisibilidad de los cuerpos. Matiza, sin embargo, que eso no implica que consten de un número infinito de partes⁷⁵, porque ello equivaldría a totalizar un proceso que es abierto por definición, lo cual conlleva una contradicción. En realidad, las posibles paradojas desaparecen si evitamos la trampa de afirmar la existencia de los seres simples, puesto que un ente compuesto de elementos simples no sería infinitamente divisible, ni tampoco extenso⁷⁶. La noción de *parte* es en sí misma indeterminada, porque alude a un proceso de *partición* que es puramente abstracto hasta que sea definido con exactitud. En el fondo, si la extensión es condición necesaria de los cuerpos, pero no suficiente, la tesis de que los entes corpóreos proceden necesariamente de la composición de un número finito o infinito de seres simples o compuestos es falsa, porque absolutiza un atributo que no constituye la esencia de los cuerpos, y que por tanto no puede ser absolutizado; en este sentido, los atomistas y los defensores de las mónadas han cometido el mismo error que los cartesianos: buscar el principio último de la realidad material en el plano extensional, cuando la extensión es ella misma relativa a la verdadera esencia de los cuerpos, del mismo modo que la noción de «parte», la cual no tiene por qué resolverse en lo «simple», sino en algo que está en una dimensión distinta de la «composición».

En definitiva, la esencia de los cuerpos tiene que ver con la extensión, pero no se identifica con ella. La *movilidad* es otro rasgo que se asocia de modo universal a los cuerpos⁷⁷. No obstante, Euler niega que pueda serles atribuida como una *propiedad*, porque no es invariable. Tampoco la acepta como *accidente*, porque no tiene que ver con el móvil intrínsecamente considerado, ni tampoco con las relaciones que tiene con las demás cosas⁷⁸. Según él, afecta a una relación que se establece directamente entre el cuerpo y el espacio, lo cual plantea el problema del estatuto ontológico del espacio, que no tardará en ser abordado. Por ahora, lo único que Euler agrega es que la diferencia entre los cuerpos y el espacio estriba precisamente en la movilidad⁷⁹, con lo que da un primer paso para reducirlo a un presupuesto del movimiento mismo, presupuesto real, en armonía con su orientación contraria al idealismo.

74. Véase *Anleitung...* § 11.

75. Véase *Anleitung...* § 12.

76. Véase *Anleitung...* § 13.

77. Véase *Anleitung...* § 16.

78. Véase *Anleitung...* § 18.

79. Véase *Anleitung...* § 25.

La tercera noción considerada es la *perseverancia* [*Standhaftigkeit*] nombre con el que pretende rebautizar la idea de inercia [*Trägheit*], con el fin de evitar las connotaciones que la asocian con las ideas de «reposo» y «fuerza»⁸⁰. Euler repite los argumentos que ya conocemos tendentes a eliminar de los cuerpos cualquier capacidad espontánea para cambiar su propio estado cinemático. Con todo, no llega a identificar esta propiedad con la esencia de los cuerpos, probablemente porque es difícil encontrar la forma de reducir a ella la extensionalidad, y porque resulta demasiado intrínseca considerada desde una perspectiva metafísica: asegura la permanencia del cuerpo en su estado de reposo o movimiento uniforme, pero no acaba de explicar el porqué y el cómo de la interacción dinámica.

Por consiguiente, se hace necesario examinar una nueva propiedad general, es decir, la *impenetrabilidad*. Esta idea había sido tratada con cierta torpeza en el opúsculo contra las mónadas⁸¹. Euler es ahora mucho más cuidadoso y la define con precisión: «Cada cuerpo tiene que ocupar un lugar particular en el espacio, y es imposible que dos cuerpos puedan estar a la vez en el mismo lugar»⁸². Se apresura a añadir que no tiene nada que ver con la cohesión, puesto que las materias fluidas son tan impenetrables como las más sólidas⁸³, y los cuerpos huecos y porosos tampoco son más penetrables que los densos y homogéneos⁸⁴. Existe, pues, la intención de establecer el concepto con claridad y distinción, sobre la base de una referencia directa y única del cuerpo al espacio, lo que otorga al espacio una importancia creciente en el esquema de fundamentación diseñado por Euler: en él y por él los cuerpos son extensos, se mueven, perseveran en su estado y, ahora, lo ocupan de modo *exclusivo*. Cualquiera que sea el punto de vista que se adopte, la materia se encuentra indisolublemente unida a él, pero siempre partiendo de una alteridad irresoluble. No hay ninguna posibilidad de concebir los cuerpos sin hacer referencia al espacio, pero también es evidente que no se confunden con él, y precisamente la impenetrabilidad agudiza hasta el extremo esta ambivalente síntesis de identidad y diversidad. Lo que tal vez resulta más importante de todo es que la ocupación simultánea por varios cuerpos de un mismo lugar es objeto de una exclusión absoluta, casi de índole lógica (en el sentido de que sería contradictoria con la noción de «ocupación»), lo que permite introducir con carácter absoluto el concepto de *fuerza*, el único que permite conectar entre sí las propiedades generales que hasta ahora han entrado en juego. Aparece como algo absoluto porque, al ser imposible que dos cuerpos ocupen el mismo lugar, cada uno de ellos tiene una

80. Véase *Anleitung...*, § 31.

81. Véase *Anleitung...*, II, § 19.

82. Véase *Anleitung...*, § 35.

83. Véase *Anleitung...*, § 36.

84. Véase *Anleitung...*, § 37.

capacidad infinita para oponerse a ser penetrado, en el sentido de que no puede ser medida con los baremos que cuantifican la extensión, el movimiento y la inercia. Estas consideraciones explican la conclusión de Euler:

«La impenetrabilidad ya encierra dentro de sí la extensión y la movilidad y, por consiguiente, también la perseverancia. Por tanto, si se atribuye al cuerpo la impenetrabilidad, también tiene que atribuírsele las restantes propiedades»⁸⁵.

Por lo tanto, la esencia de los cuerpos se resuelve en la impenetrabilidad, ya que si están dotados de ella es seguro que también poseen las demás propiedades generales: *todos* los cuerpos son impenetrables y *sólo* ellos lo son⁸⁶. Este hallazgo permite invertir el orden de las consideraciones precedentes y transformar la lógica heurística en lógica deductiva: al principio disponíamos de varias cadenas explicativas parciales y tratábamos de encontrar un eslabón en el que todas pudieran ser engarzadas; ahora que lo hemos encontrado, se convierte automáticamente en un principio que las unifica y muestra cómo pueden ser prolongadas, para intentar abrazar los más remotos confines del mundo corporeo. Lo peligroso entonces es sucumbir a la tentación de convertirlo en un constructo teórico que monopolice en exceso los mecanismos explicativos de la física, y llegue a ser para esta ciencia algo parecido a lo que supuso para la astronomía la propuesta platónica de apoyarse exclusivamente en movimientos circulares y uniformes. Confirma esta sospecha la pretensión de Euler de que la fuerza de impenetrabilidad basta para dar razón de todos los cambios que se producen en el mundo material:

«Todos los cambios que ocurren en el universo, en la medida en que los espíritus no han contribuido a ellos, han sido producidos por las fuerzas de impenetrabilidad de los cuerpos y, por tanto, no hay en los cuerpos ninguna fuerza más que ésta»⁸⁷.

Tesis extraordinariamente atrevida, aun cuando esté en perfecta consonancia con la filosofía de las consideraciones precedentes⁸⁸. ¿Qué debemos pensar al respecto? Pretende imponer al concepto de acción física

85. Véase *Anleitung...*, § 38.

86. Véase *Anleitung...*, § 39.

87. Véase *Anleitung...*, § 49.

88. Por una extraña ironía del destino, se han perdido las páginas del manuscrito que contenían los §§ 41-48, que enlazaban esta conclusión con las premisas que la sustentan. Véase *Opera omnia* III, I, p. 50, nota. A pesar de ello, la línea argumental es tan clara, que el lector suple sin ningún esfuerzo la parte desaparecida.

una limitación que hoy resultaría inaceptable. No obstante, desde un punto de vista histórico, hay que recordar que este tipo de restricciones al marco de exploración teórica han sido muy frecuentes y no siempre han ido en detrimento del progreso del conocimiento, sobre todo si se interpretan como lo que en realidad fueron en su momento, esto es, como unas «reglas de juego» para encauzar una investigación que de otro modo carecería de orientación:

«Toda la física consiste, por tanto, en que se muestre en cualquier cambio que se produzca, en qué estado se encontraban los cuerpos, y que a causa de su impenetrabilidad se ha tenido que originar precisamente el cambio que ha tenido lugar»⁸⁹.

Con estas palabras culmina Euler el proceso de maduración del mecanicismo moderno, un mecanicismo que ha superado los titubeos y perplejidades de sus precursores y que, capitalizando las conquistas de la nueva ciencia, atisba la posibilidad de extender a otras ramas de la física los principios de la mecánica. Los resultados no se van a hacer esperar y enseguida propondrá el propio Euler explicaciones mecanicistas de la luz, la electricidad y el magnetismo. Pero, antes de pasar a ello, necesita acabar de perfilar su filosofía de la materia en lo que respecta a la problemática del espacio y de las fuerzas, a lo cual consagra sendas memorias, con las que se cierra en cierto modo este capítulo de la obra euleriana.

Las *Reflexiones sobre el espacio y el tiempo*⁹⁰ significan una nueva confrontación crítica de Euler con la filosofía natural leibniziana. Una carta dirigida a Maupertuis acompañando el envío del manuscrito para su revisión, revela el objetivo fundamental del opúsculo: demostrar rigurosamente la existencia real del espacio y el tiempo⁹¹. Lo que importa es dejar claro que *son*, y no tanto averiguar *qué* son. Por eso empieza recordando los motivos para creer en la verdad de los principios de la mecánica⁹², e insiste en una idea cuyas virtualidades ya hemos comprobado: el éxito de esa ciencia debe servir para reorientar la metafísica:

«Siempre es un gran avance cuando ya se conoce por otro medio algunas conclusiones a las que deben conducir los primeros principios de la metafísica, y habrá que regular y determinar las primeras ideas de la metafísica sobre esas conclusiones»⁹³.

89. Véase *Anleitung...*, § 50.

90. *Reflexions sur l'espace et le temps*, *Opera omnia* III, 2, pp. 376-383. Esta memoria fue presentada ante la Academia de Berlin el 1-2-1748 y publicada en el tomo de las *Mémoires* correspondiente a 1748 (1750), pp. 324-333.

91. Véase Carta de Euler a Maupertuis del 21-12-1747, *Briefwechsel*, núm. 1525.

92. Véase *Reflexions...*, § 1.

93. *Reflexions...*, § 2.

El argumento de fondo es que, aunque desde el punto de vista lógico la mecánica depende de la metafísica, desde la perspectiva del *ars inveniendi* la situación es inversa, puesto que la mecánica ya ha obtenido resultados seguros, y la metafísica no. Por eso, carecen de fundamento los reproches de los metafísicos a los matemáticos, así como su pretensión de que espacio y tiempo son nociones imaginarias desprovistas de toda realidad, porque

«...si no fuera posible concebir los dos principios alegados de la mecánica sin entremezclar las ideas del espacio y el tiempo, sería un indicio seguro de que esas ideas no eran puramente imaginarias, como pretenden los metafísicos»⁹⁴.

Euler está pensando en el principio de inercia⁹⁵ y en el de conservación del movimiento uniforme en la misma dirección⁹⁶, que no pueden mantenerse si se adopta una concepción relativista del espacio. En el marco de la física newtoniana, la inercia de un cuerpo hace referencia al lugar y no a los cuerpos circundantes, como hacen todas las definiciones relativistas del movimiento⁹⁷. El espacio aparece entonces como un requisito ontológico necesario para dar validez al principio, ya que «no se podría decir que este principio de mecánica está fundado sobre una cosa que sólo subsiste en nuestra imaginación»⁹⁸. Euler añade argumentos subsidarios: señala, por ejemplo, que espacio y tiempo son nociones muy diferentes de las ideas habituales de géneros y especies; pero en realidad todo el peso de sus tesis descansa en la verdad comprobada de las leyes generales de la mecánica y la necesidad que tiene la metafísica de evitar entrar en conflicto con ellas. De este modo, el tiempo y el espacio no son condiciones de posibilidad de los fenómenos, sino condiciones de la necesidad de los principios mecánicos. Tampoco se reducen a ser formas *a priori* de la sensibilidad, sino que, por el contrario, forman el soporte en el que se asienta la realidad de la materia, que a su vez da contenido a la formalidad de las leyes naturales. Al final, Euler cede a la tentación de reconocerles un tipo peculiar de existencia, netamente diferenciado del de las sustancias materiales y espirituales:

94. *Reflexions...* § 5.

95. Véase *Reflexions...* § 6.

96. Véase *Reflexions...* § 17.

97. Resulta curioso que el propio Euler plantee la alternativa de una concepción relativista mejorada, tomando como referencia cuerpos alejados, como las estrellas fijas. No obstante, la descarta igualmente, porque se limita a considerarlas como términos de comparación supuestamente privilegiados, y no como agentes dinámicos responsables de la inercia misma. Véase *Reflexions...* § 12.

98. *Reflexions...* § 13.

«Si se cree absurdo que todos los lugares diferentes o partes del espacio sean semejantes entre sí, lo que sería contrario al principio de los indiscernibles, no sé si este principio es tan general como se piensa; quizá no es aplicable más que a los cuerpos y a los espíritus, generalidad de la que bien se podría estar contento; pero como el espacio y el lugar son cosas tan esencialmente diferentes de los espíritus y los cuerpos, no podrían ser juzgados con los mismos principios»⁹⁹.

Con todo ello, Euler ha suscitado un número de interrogantes mucho mayor del que legítimamente puede pretender haber resuelto. Sin embargo, en lo que afecta a la noción de materia, sus *Reflexiones* sirven para dejar perfectamente claro que debe ser interpretada en clave realista, y que según él no es posible dudar de la verdad ontológica de los fenómenos naturales.

* * *

El trabajo de 1750 *Investigaciones sobre el origen de las fuerzas*¹⁰⁰ recoge otro de los cabos que quedaron sueltos en la *Introducción a la física*. Allí la impenetrabilidad había sido elevada con demasiada rapidez al rango de causa universal de los cambios en el mundo físico. Ahora va a tratar de recorrer el mismo camino un poco más despacio. Para empezar, rechaza una vez más la dinámica wolffiana y su definición de la fuerza como un esfuerzo continuo para cambiar de estado¹⁰¹. Se suma en cambio a la conceptualización de Newton, que ve en la fuerza simplemente la causa de los cambios de estado¹⁰². Vuelven a aparecer muchas ideas que ya conocemos, incluidas algunas que parecían olvidadas, como el rechazo de la expresión «fuerza de inercia»¹⁰³. Para acreditar que la impenetrabilidad es la clave universal de todas las interacciones, muestra en primer lugar que se basta a sí misma para explicar perfectamente el choque elástico e inelástico de los cuerpos¹⁰⁴. Luego trata de reducir a ella las fuerzas centrífugas¹⁰⁵, para rechazar por último la existencia de otras clases de fuerza, como la atracción o la adhesión:

99. *Reflexions...*, § 16.

100. *Recherches sur l'origine des forces*, *Opera omnia* II, 5, pp. 109-131. Se trata probablemente de la reelaboración de una memoria presentada en la Academia el 1-10-1750. Fue publicada en 1752 en el tomo de las *Mémoires* correspondiente a 1750, pp. 419-447.

101. Véase *Recherches sur l'origine...*, § 21.

102. Véase *Recherches sur l'origine...*, § 22.

103. Véase *Recherches sur l'origine...*, § 9.

104. Véase *Recherches sur l'origine...*, §§ 32 y ss.

105. Véase *Recherches sur l'origine...*, §§ 51 y ss.

«...si fuese cierto, como han sostenido Descartes y muchos otros filósofos, que todos los cambios que se producen en los cuerpos provienen del choque de los cuerpos o de las fuerzas llamadas centrífugas, tendríamos ahora perfectamente claro el origen de las fuerzas que operan todos esos cambios, y podríamos decir con plena convicción que todas esas fuerzas resultan de la impenetrabilidad, e incluso que no existen otras en el mundo (...) Incluso creo que el sentimiento de Descartes se habrá fortificado no poco con estas reflexiones, porque, habiendo suprimido tantas fuerzas imaginarias con que los filósofos han embarullado los primeros principios de la física, es muy probable que las otras fuerzas de atracción, adhesión, etc. no estén mejor fundadas»¹⁰⁶.

Sin perjuicio de ello, hace salvedad de las fuerzas con que los espíritus actúan sobre los cuerpos¹⁰⁷. En cuando a la índole misma de la impenetrabilidad, introduce algunas matizaciones suplementarias: ya no la identifica con la esencia de los cuerpos, pero sigue sosteniendo que se trata de una propiedad esencial, porque sin ella no podríamos saber nada de ellos: no ocuparían un lugar, quedarían reducidos a un punto, a una nada¹⁰⁸. Es imprescindible para que el cuerpo ocupe y «llene» el espacio, de modo que ambos factores, espacio e impenetrabilidad, se transforman en coprincipios de los entes corpóreos. Tal vez por eso agrega que no es una propiedad susceptible de grados: tiene que ser absoluta o nula¹⁰⁹.

* * *

Con lo expuesto queda reseñado todo el conjunto de memorias académicas relativas a los fundamentos de la filosofía natural euleriana. Los escritos sobre el principio de mínima acción aparecidos entre 1750 y 1753 forman un capítulo aparte que en este momento no corresponde analizar¹¹⁰. A partir de entonces hay que esperar varios años para que Euler encuentre una nueva oportunidad de volver sobre sus viejas reflexiones: se presentará con ocasión de la correspondencia pedagógica que entabla entre 1760 y 1762 con su discípula Federica Carlota Ludovica von Brandenburg Schwedt, princesa de Anhalt Dessau, cuya instrucción refuerza con una serie de cartas que en 1768 son publicadas con un éxito arrollador. El tono didáctico y la intención divulgativa se presta a introducir comentarios de índole filosófica, y parece como si Euler, privado de la posibilidad de efectuar cálculos, quisiera resarcirse dando rienda suelta a las conjeturas. No me referiré a todo lo que ya ha sido dicho en obras ante-

106. *Recherches sur l'origine...* § 58.

107. Véase *Recherches sur l'origine...* § 59.

108. Véase *Recherches sur l'origine...* §§ 15, 16.

109. Véase *Recherches sur l'origine...* § 17.

110. Estos trabajos aparecen agrupados en el vol. 5, serie II de la *Opera omnia*.

riores y reafirmado ahora; basta con señalar que sigue identificado con la concepción de materia a que ha llegado diez años atrás. La recia fibra realista de su pensamiento sigue inmovible:

«Es un hecho constatado que, a partir de una sensación cualquiera, el alma concluye siempre en la existencia de un objeto real fuera de nosotros. Esto nos es tan natural desde la primera infancia y tan general a todos los hombres, también a los mismos animales, que no se puede entender como un prejuicio»¹¹¹.

El realismo es para Euler una convicción natural, un postulado y un principio. Una de sus principales consecuencias es que los entes corpóreos no pueden ser sustancialmente diferentes en sí mismos de lo que muestran a la conciencia a través de las sensaciones. Basta con tener en cuenta esto para descalificar el dinamicismo leibno-wolffiano, que se ve obligado a distanciarse progresiva e irreversiblemente de los fenómenos:

«Prefieren afirmar que cada cuerpo, por su propia naturaleza, efectúa el cambio que le acontece y que el choque no produce nada; una ilusión nos hace creer que el choque es su causa. Por ello ponderan la sublimidad de su filosofía, que el vulgo no es capaz de comprender»¹¹².

La combinación de racionalismo y realismo puede desembocar en el determinismo. A pesar de su ferviente defensa del espíritu y la libertad, el dualismo ontológico permite a Euler ser hiperdeterminista en lo que respecta al mundo material:

«Todos los cambios que acontecen en los cuerpos, y que se reducen a su estado de reposo o movimiento, se siguen necesariamente de las fuerzas que los producen; y una vez puesta la acción de estas fuerzas, los cambios en los cuerpos no pueden acontecer nada más que como se realizan; y, en consecuencia, todo lo que respecta a los cuerpos no puede ser vituperable ni laudable»¹¹³.

Este férreo mecanicismo es un presupuesto muy conveniente, aunque no irremplazable, de la física matemática forjada en el Barroco y perfeccionada en la Ilustración. La mecánica procura reducir al mínimo sus principios, y por eso trata de evitar la proliferación de fuerzas irreductibles entre sí. Es el criterio que está tras el rechazo de la acción a distancia:

111. *Lettres à une princesse d'Allemagne sur divers sujets de physique et de philosophie*, carta XCVII. En las citas de esta obra sigo la traducción de Carlos Minguez (Zaragoza, Prensas Universitarias, 1990). Véase también carta CXVII.

112. *Lettres...*, carta LXXIX.

113. *Lettres...*, carta LXXXV.

«Ahora bien, va contra las reglas de una filosofía razonable el introducir una nueva clase de fuerzas, antes de que su existencia sea demostrada incontestablemente. Para ello, debería haberse probado, sin réplica, que las fuerzas con que los cuerpos se atraen mutuamente no podrían tener su origen en la materia sutil que envuelve todos los cuerpos»¹¹⁴.

Nótese bien que, para seguir considerando válido el mecanicismo, Euler se conforma con que sus adversarios no hayan conseguido demostrar fehacientemente los principios opuestos. Toda la carga de la prueba gravita sobre ellos. Por eso, aun cuando reconoce que ignora de qué manera podría impulsar el éter a los cuerpos pesados, sigue prefiriendo esta alternativa al atraccionismo, porque no se ha demostrado que es imposible que lo haga¹¹⁵. Y, no contento con ello, toma una vez más la impenetrabilidad como mágico recurso y se pone a elucubrar sobre las entrañas mecánicas de los fenómenos y procesos más complejos. El éxito de la explicación del sonido mediante las vibraciones del aire¹¹⁶ le anima a proponer una teoría de la luz basada en las oscilaciones del siempre hipotético éter¹¹⁷, teoría que en líneas generales concuerda con la que posteriormente profesará la comunidad científica hasta la realización del experimento de Michelson-Morley. Por el momento Euler se ha visto acompañado por la fortuna en sus incursiones, pero luego las prosigue en solitario: apura las analogías entre el aire y la materia sutil hasta el punto de explicar los fenómenos eléctricos a través de un «viento de éter»¹¹⁸. También cree descubrir un fluido etéreo detrás de la fuerza magnética, ideando toda una constelación de canales, torbellinos y materias magnéticas¹¹⁹. Los inmensos merecimientos científicos de Euler le otorgan sin duda alguna el derecho a que no se le puedan echar en cara estas propuestas, aunque estén muy alejadas del rumbo que después ha seguido la física. Sólo quien conoce la ciencia en los manuales que relatan la historia de sus éxitos más resonantes puede pensar que sus creadores han trazado una senda llana y recta, sin tortuosidades ni vías muertas.

* * *

Con esto hemos llegado al término de nuestro recorrido. En el desarrollo del pensamiento humano, a Euler le corresponde el honor de haber estado entre los primeros que construyeron una filosofía partiendo de la nueva ciencia. Antes que él muchos habían llegado a la ciencia desde

114. *Lettres...*, carta LXXIX.

115. Véase *Lettres...*, carta LXVIII.

116. Véase *Lettres...*, carta III.

117. Véase *Lettres...*, cartas XIX y ss.

118. Véase *Lettres...*, cartas CXXXIX y ss.

119. Véase *Lettres...*, carta CLXXVI.

la filosofía, y todavía en su época era usual que los metafísicos intervinieran activamente en los debates científicos. La mayor parte de las descalificaciones que han caído sobre Euler se deben, en mi opinión, a su condición de pionero en el nuevo estilo de filosofar. Hoy en día la situación es inversa y apenas existe ningún filósofo que se atreva a hablar sobre los temas de la ciencia, mientras que los científicos de renombre propenden a exponer su concepción del mundo, y el público los escucha con interés y respeto. Para unos y otros, la filosofía de Euler contiene un rico caudal de enseñanzas provechosas, sobre todo si, como muchos creemos, la ciencia y la filosofía están condenadas a entenderse y encontrar finalmente un destino común.