


Sobre la correcta interpretación de la jerarquía ontológica entre espacio, fuerza y materia en *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*

Gaston Giribet

Department of Physics, New York University ✉ 

<https://dx.doi.org/10.5209/kant.97378>

Recibido: 27-07-2024 • Aceptado: 27-08-2024

ES Resumen: La dificultad de una interpretación adecuada de la jerarquía ontológica entre espacio, fuerza y materia expresada en *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft* (*MAN*) queda de manifiesto en traducciones equívocas que, con frecuencia, se han ofrecido de fragmentos claves de ese texto. En este trabajo, pretendemos contribuir a la solución de ese problema. El artículo consta de dos partes: en la primera parte comparamos distintas traducciones de un párrafo clave de *MAN*, párrafo en que Kant expresa la jerarquía ontológica entre espacio, fuerza y materia. Discutimos las distintas interpretaciones de ese párrafo y mostramos que existe una interpretación que no entra en contradicción con ningún aspecto de la filosofía trascendental. En la segunda parte de este artículo ofrecemos una lectura detallada de *MAN* que sustenta nuestra interpretación. **Palabras clave:** Kant, Metafísica de las ciencias naturales, historia y filosofía de la física.

ENG On the correct interpretation of the ontological hierarchy between space, force and matter in *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*

Abstract: The difficulty of a correct interpretation of the ontological understanding between space, nature and material in the *Metaphysics principles of natural science* (*MAN*) manifests itself in erroneous translations of this text that are often offered. In this work, we aim at contributing to the solution of this problem. The article consists of its parts: in the first part we compare distinct translations of a key part of *MAN*, by which Kant expresses the ontological understanding between space, nature and material. We discuss the distinct interpretations of those who understand that there exists an interpretation that does not contradict any aspect of the transcendental philosophy. In the second part of this article we offer a detailed reading by *MAN* that supports our new interpretation.

Keywords: Kant, Metaphysics of the natural sciences, history and philosophy of physics.

Sumario: 1. Jerarquía ontológica entre materia y fuerza. 2. La forma trascendental de la materia. Bibliografía.

Cómo citar: Giribet, G. (2024), Sobre la correcta interpretación de la jerarquía ontológica entre espacio, fuerza y materia en *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*. *Con-Textos Kantianos* 20, 207-222. <https://dx.doi.org/10.5209/kant.97378>

1. Jerarquía ontológica entre materia y fuerza

Sobre un párrafo clave de Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza

Al final del capítulo segundo de *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft* (*MAN*) [*Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*], capítulo dedicado a los principios metafísicos de la dinámica, Kant discute la admisibilidad del espacio vacío (AA 04, 535) y, para hacerlo, establece una jerarquía ontológica precisa entre espacio, fuerza y materia. Es precisamente debido a ello que ese párrafo resulta crucial para sentar las bases de los principios metafísicos de la mecánica, para los que Kant reserva el capítulo tercero de su libro. Dado que *MAN* es el libro en el que Kant aplica el método trascendental al estudio de la cinemática y la dinámica, y donde aborda los temas del movimiento de la materia en el espacio y de la materia en tanto fenómeno, una correcta interpretación de la jerarquía ontológica entre espacio, fuerza y materia expresada allí resulta fundamental para entender de qué manera la filosofía natural de Kant articula con su filosofía crítica.

Lamentablemente, a pesar de la importancia del tema, algunas traducciones de *MAN* al castellano han fallado en recoger el sentido correcto de la jerarquía ontológica entre espacio, fuerza y materia expresada en esa obra. Más aun, la comparación de las diversas traducciones disponibles termina conduciendo a un debate innecesario acerca de cuál es la correcta interpretación de un texto que, paradójicamente, Kant pretendió escribir de forma geométrica, ordenada y precisa. En este breve artículo nos dedicaremos a discutir algunas traducciones que se han ofrecido de ese importante párrafo de *MAN* (AA 04, 535). Al hacerlo, demostraremos cómo es posible resolver algunas aparentes contradicciones entre la jerarquía ontológica entre espacio, fuerza y materia expresada en *MAN* y la forma en la que el espacio es entendido en el marco de la filosofía crítica (Kant, 1786; cf. 1900; 1909; 1977; 1997).

El párrafo del capítulo segundo de *MAN* al que nos referimos es el siguiente:

Den Beschluß kann die bekannte Frage, wegen der Zulässigkeit leerer Räume in der Welt, machen. Die Möglichkeit derselben läßt sich nicht streiten. Denn zu allen Kräften der Materie wird Raum erfordert, und, da dieser auch die Bedingungen der Gesetze der Verbreitung jener enthält, notwendig vor aller Materie vorausgesetzt. So wird der Materie Attraktionskraft beigelegt, so fern sie einen Raum um sich durch Anziehung einnimmt, ohne ihn gleichwohl zu erfüllen, der also selbst da, wo Materie wirksam ist, als leer gedacht werden kann, weil sie da nicht durch Zurückstoßungskräfte wirksam ist und ihn also nicht erfüllt. Allein leere Räume als wirklich anzunehmen, dazu kann uns keine Erfahrung, oder Schluß aus derselben, oder notwendige Hypothesis, sie zu erklären, berechtigen. (Kant, 1977 [1786], p. 99; AA 04, 535).

La traducción a la lengua española más extendida de este párrafo es la de José Aleu Benítez, quien interpreta:

En conclusión, puede plantearse la conocida cuestión sobre la legitimidad del espacio vacío en el mundo. Su posibilidad ni siquiera admite ser discutida. Dado que el espacio viene exigido por todas las fuerzas de la materia, y puesto que éste contiene también las condiciones legales de la propagación de aquellas fuerzas, será enteramente necesario que la materia sea presupuesta con anterioridad a estas fuerzas. (Kant, 1991 [1786], p. 101, cf. AA 04, 535).

Esta traducción nos enfrenta a dos grandes problemas a la hora de interpretar su contenido en el marco de la filosofía crítica. El primer problema surge al tratar de responder a la siguiente pregunta: ¿cómo es posible que el espacio venga “exigido” por las fuerzas de la materia? ¿En qué sentido debe entenderse esa existencia?; ¿se trata de una implicancia lógica entre los distintos elementos con los que Kant construye su teoría de la dinámica, o se trata de una exigencia de preexistencia del espacio como condición de posibilidad para las fuerzas de la materia? Si bien es cierto que en su filosofía natural del período precrítico Kant había considerado la posibilidad de que el espacio y sus atributos emergiesen a partir de las fuerzas, e incluso llegó a afirmar que sin fuerza no habría espacio (Kant, 1749, GSK, AA 01; en Watkins (ed.), 2015), también es cierto que una relación de superveniencia tal entre espacio y fuerzas sería inadmisibles en el período crítico: en la filosofía crítica el espacio está dado *a priori*. Esto lleva a la conclusión de que la correcta interpretación de la frase “*Denn zu allen Kräften der Materie wird Raum erfordert*” ha de ser otra: la frase no afirma que la existencia del espacio sea implicada de manera alguna por la existencia de esas fuerzas; lo que la frase afirma es la necesidad del espacio para que las fuerzas sean en él; es decir, la exigencia debe entenderse allí como condición de posibilidad y no como un desencadenamiento causal. El segundo problema de interpretación al que nos conduce la traducción presentada arriba aparece al tratar de entender cómo sería posible que la materia fuese “presupuesta con anterioridad a [las] fuerzas”, dado que en *MAN* la materia aparece como fenómeno. La resolución de esta segunda cuestión reside en señalar un mero error de traducción, que resulta en una inconveniente alteración del significado de la frase original de Kant. El significado correcto probablemente se perdió en el difícil seguimiento de tan imbricado uso que Kant hace de los pronombres demostrativos. En la frase “*zu allen Kräften der Materie wird Raum erfordert, und, da dieser auch die Bedingungen der Gesetze der Verbreitung jener enthält, notwendig vor aller Materie vorausgesetzt*” el pronombre *dieser*, forma singular del masculino del caso nominativo, sin duda refiere al espacio. Luego, el predicado de la frase “*notwendig vor aller Materie vorausgesetzt*” tiene como sujeto al espacio, y no a la materia ni a la fuerza. Así, queda claro que la frase afirma la necesidad de presuponer el espacio a la materia, y en ningún sentido la necesidad de presuponer la materia a la fuerza.

A efectos de dejar en claro la correcta interpretación de tan importante párrafo de *MAN*, ofrecemos nuestra traducción del mismo:

Para concluir, podemos tomar la conocida pregunta acerca de la admisibilidad del espacio vacío en el universo. Tal posibilidad no puede siquiera ser discutida. Porque se requiere el espacio para todas las fuerzas de la materia y, dado que éste [el espacio] contiene a su vez las condiciones de las leyes de propagación de esas [las fuerzas], [el espacio] se presupone necesariamente antes de toda materia. De este modo, a la materia se le asigna poder de atracción en la medida en que ocupa un espacio a su alrededor por atracción, aunque no llene ese espacio, el cual, por lo tanto, puede considerarse vacío, incluso allí donde la materia es efectiva, porque allí [la materia] no es activa por fuerzas de repulsión y por lo tanto no lo llena. Aun así, ninguna experiencia o una conclusión a partir de ella, o ninguna hipótesis necesaria para explicarla, pueden autorizarnos a aceptar los espacios vacíos como reales.

Cabe decir que existen traducciones al inglés que son compatibles con nuestra interpretación; por ejemplo, la ofrecida por Michael Friedman (Kant, 2004, cf. 2017). También en castellano existen traducciones compatibles con la interpretación que nosotros acabamos de dar; por ejemplo, la de Carlos Másmela:

Podemos terminar con la conocida pregunta: ¿es necesario admitir espacios vacíos en el mundo? La posibilidad de dichos espacios está por fuera de cualquier polémica, pues todas las fuerzas de la materia exigen el espacio; y como éste contiene también las condiciones de las leyes de la propagación de esas fuerzas, él es un presupuesto necesario, previo a toda materia. De esta manera, la fuerza atractiva se atribuye a la materia, en tanto ocupa un espacio alrededor de ella misma por atracción, aunque sin llenarlo. Este espacio puede pensarse entonces como vacío, asimismo allí donde la materia actúa; porque ella no es activa por medio de fuerzas repulsivas y, por tanto, no lo llena. Sin embargo, ninguna experiencia, ninguna conclusión a partir de ella, ninguna hipótesis necesaria, nos autoriza para explicar espacios vacíos como reales. (Kant, 1989 [1786], p. 123, cf. AA 04, 535).

En conclusión, el párrafo en cuestión (AA 04, 535), fragmento clave de *MAN*, afirma que el espacio se presupone necesariamente antes que la materia, y es incorrecto afirmar que Kant sostenga allí que la materia sea presupuesta con anterioridad a estas fuerzas. Tal alteración en la jerarquía ontológica entre espacio, fuerza y materia entraría en tajante conflicto tanto con el carácter a priorístico del espacio como con el carácter fenoménico de la materia. La interpretación que nosotros ofrecemos aquí no sufre de tales contradicciones.

2. La forma trascendental de la materia

Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza es publicado en Riga en 1786, sólo un año antes de la segunda edición de la primera *Crítica*, tres años después de la aparición de los *Prolegómenos*. Debido a esto y a que en ese libro se encuentra la aplicación del método trascendental a problemas de la ciencia de la naturaleza, como el problema de la divisibilidad de la materia, el desarrollo de *Principios metafísicos* es solidario al de la versión definitiva de la *Crítica de la razón pura*, lo que no sólo posibilita un análisis comparativo, sino que invita a él.

El problema principal abordado en *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* es el problema de la materia como fenómeno, y si bien otros temas tales como la necesidad de una metafísica de la naturaleza, el problema del espacio, la relatividad del movimiento, la estructura del vacío, la posibilidad de las fuerzas y el carácter fundamental de las leyes naturales son tratados también en ese libro con una concisión y lucidez destacables, es la materia el tema en torno al que el libro y todas las cuestiones tratadas en él orbitan. También puede decirse de este libro que es el intento por articular el contenido de la física newtoniana desde las coordenadas de la filosofía trascendental.

Principios metafísicos es un libro que hay que leer siempre teniendo presente otras dos obras de Kant; es un libro que se encuentra a caballo entre la *Crítica de la razón pura* (*KrV*) y su *Opus Postumum* (*OP*). En este último, Kant plantea un *tránsito de los principios fundamentales de la ciencia de la naturaleza a la física*, que rotula la necesidad de completación de un proyecto científico-filosófico. Por su parte, la *Crítica* dona el método con el que Kant emprende en *Principios metafísicos* una revisión de su teoría de la materia, las fuerzas y el movimiento.

La cuestión de la constitución de la materia había sido tratada por Kant con cierto grado de detenimiento en su *Monadología física*, en 1756, a poco de su tratado de cosmología, aparecido el año anterior. Muchos comentadores han discutido ya esa microfísica y macrofísica kantiana del período precrítico. En la lectura de *MAN*, invitados por el Kant del período crítico, regresamos al problema de la materia, de su estructura interna, de su divisibilidad y su posibilidad de movilidad, pero ahora, a diferencia de sus trabajos de los años 1750s, esos temas se abordarán desde el punto de vista trascendental. Veremos que, mientras la teoría kantiana de las fuerzas de la materia hacia el período crítico se mantenía esencialmente igual que aquella bosquejada en su *Monadología física*, la misma adoptaría hacia 1786 el método trascendental como clave para la resolución de problemas como el de la divisibilidad indefinida y, por ello, tomaría distancia de la hipótesis monadológica, o, al menos, de cierta interpretación de la monadología.

La crítica a las interpretaciones de la monadología no le impide a Kant, sin embargo, proponer un rescate de la intención original de Leibniz. Tampoco le impide mantener, como decíamos, muchas de las ideas principales expresadas en la *Monadología física*. La concurrencia de dos fuerzas, una repulsiva y otra atractiva, cada una siguiendo una ley de potencias inversas diferentes, son ideas que, no sólo se mantienen, sino que se acentúan y desarrollan más en *Principios metafísicos*. Esto deja en claro las continuidades de elementos de la física kantiana desde el período precrítico al período crítico. También hay discontinuidades, y el abandono de la hipótesis monadológica no es la única de ellas; por ejemplo, veremos discontinuidad en la jerarquía ontológica entre fuerza y espacio: mientras el joven Kant de *Ideas de la verdadera valoración de las fuerzas vivas* (1747) afirmaba que el espacio nace de las fuerzas, el Kant de *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* (1786) afirmará que la fuerza necesita de la presuposición del espacio (cf. Kant, 1968 [1786], p. 99). Esto aparece claramente expresado en la traducción del párrafo de *MAN* que presentamos en la sección anterior.

Estructura de la exposición de los Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza

El libro en el que Kant expone sus *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* está organizado en cuatro capítulos, precedidos éstos por un prefacio. Esos cuatro capítulos tratan de los principios metafísicos de la foronomía, de la dinámica, de la mecánica y de la fenomenología, respectivamente: decir foronomía es decir cinemática, *i.e.* el estudio del movimiento (de la materia) sin entrar en el estudio de sus causas ni de las leyes (e.g. leyes de conservación) que rigen el movimiento. Atañen a la foronomía aspectos tales como la relatividad del movimiento o la pregunta por el espacio absoluto. La dinámica, por su parte, trata de las

fuerzas, de las afecciones de las substancias entre sí, y de las causas del movimiento. Es la discusión de la dinámica lo que le sirve a Kant para sentar las bases de su teoría de la materia. La mecánica, según la define Kant, es la disciplina que estudia el efecto de los cuerpos en movimiento entre sí al comunicar su movimiento [*Die Wirkung bewegter Körper [aneinander] durch [Mitteilung] ihrer Bewegung heisst Mechanisch*]. Kant reformula las leyes de la mecánica y las enuncia en su libro. Retoma el tema central de su primer libro (1749); a saber, la cantidad de movimiento. Más precisamente, discute la cantidad de materia en relación con la cantidad de movimiento, considerando una como medida de la otra: “La cantidad de materia, comparada con cualquier otra, únicamente se puede evaluar por medio de la cantidad de movimiento a una velocidad dada” (p. 105). Regresa así a las cuestiones de las cantidades conservadas en la mecánica. Vuelve hablar de las fuerzas vivas y de las fuerzas muertas, de la identificación de estas dos nociones, y de la determinación del movimiento por medio de la energía cinética (cf. Kant 1991 [1786], pp. 107-107). Esa discusión lo lleva a enunciar sus leyes de la mecánica: la conservación de la materia, la existencia de una causa para alterar la velocidad de un cuerpo, la existencia de una reacción ante una acción dada. La cuarta y última parte del estudio lo reserva Kant para la fenomenología. Este último capítulo comienza con la siguiente definición: “La materia es aquello que es móvil en la medida en que, como tal, puede ser objeto de experiencia” [*Materie ist das Bewegliche, sofern es, als ein solches, ein Gegenstand der Erfhrung sein kann*] (AA 04, 554 ss.; MAN, Kant, 1991 [1786], p. 127).

Dos naturalezas

Se impone comenzar el análisis del contenido de *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* con la distinción que hace Kant al comienzo de su libro, en el prefacio, sobre dos acepciones de la palabra “naturaleza” [*Natur*]. Dos son los sentidos en los que Kant comprende este término y prefiere dejar en claro desde el inicio de su libro el significado preciso en el que entenderá la “naturaleza” mientras pretende discutir sobre la posibilidad de una ciencia de la naturaleza. En primer lugar, la naturaleza puede entenderse en su sentido formal; es decir, entendiendo que naturaleza significa “el primer principio de todo aquello que forma parte de una cosa” (MAN, Kant 1991 [1786], p. 3), la naturaleza de una cosa. Afirma: “*Wenn das Wort Natur blos in formaler Bedeutung genommen wird, da es erste innere Princip alles dessen bedeutet, was zum Dasein eines Dinges gehört, so kann es so vielerlei Naturwissenschaften geben, als es specifisch verschiedene Dinge gibt [...]*”; es decir, si la palabra naturaleza se toma en un sentido puramente formal, que significa todo lo que pertenece a la existencia de una cosa, entonces puede haber tantas ciencias naturales como cosas específicamente diferentes existan (cf. MAN, Kant 1900 [1786], p. 3). Dirá Kant también, en un despliegue de su ontología, que “[l]a esencia es el primer principio interior de todo aquello que forma parte de la posibilidad de un objeto”; la esencia es lo único que “puede atribuírseles a las figuras geométricas”, dirá; los triángulos tienen una esencia, mas no una naturaleza.

En segundo lugar, tenemos la naturaleza en su sentido material, definida ésta como “el conjunto de todas las cosas en cuanto pueden ser objetos de nuestros sentidos” y de nuestra experiencia. Esta última acepción incluye, pues, “la totalidad de todos los fenómenos”, que es decir el mundo de los sentidos, “excluyéndose los objetos no sensibles”. La idea de incluir el conjunto de todas las cosas en cuanto pueden ser objetos de nuestros sentidos aleja, no sólo aquello que no es *sensible*, sino también la contingencia, aquello que refiere a la singularidad de los casos. Se trata del conjunto de *todo* aquello que puede ser objeto de nuestros sentidos.

En su artículo *The concept of nature in Kant's Metaphysical Foundations of Natural Science* Pissis, al mencionar las dos acepciones de naturaleza en el libro de Kant, escribe:

La primera explicación de Kant del tema de las ciencias naturales —como *natura rerum*, como la constitución específica de objetos específicos, y además como el fundamento interno de todos los predicados de un determinado objeto— es ciertamente extraña. Parece chocar con una característica clave de la ciencia natural moderna; es decir, con la abolición de la dicotomía entre física y mecánica: entre los movimientos naturales, que se basan en la naturaleza de un objeto como principio interno, y los movimientos artificiales, que se imponen sobre un objeto del exterior (2019, pp. 1518-1519).

A partir de esta consideración, Pissis viene a defender la tesis de que la definición formal de naturaleza que Kant emplea en *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* es, precisamente, la definición fundamental, “en referencia a la cual el proyecto de Kant toma su forma particular” (p. 1519).

Kant afirma que es posible una doble teoría de la naturaleza. Se refiere a esta doble teoría como *die Körperlehre und Seelenlehre möglich*, i.e. la teoría del cuerpo y una teoría del alma son posibles. Y notamos de inmediato aquí el regreso de la palabra “alma” —en el lexema *Seele* en *Seelenlehre*—, que, en este uso, prácticamente había estado ausente desde hacía tiempo en los textos de Kant, en especial desde comienzos del período crítico.

Ahora bien, si lo que se pretende es la formulación de una teoría (doble) de la naturaleza, cabe la discusión de lo que “teoría” significa en este marco, y también de lo que significa “ciencia”. Nos dice Kant: “Toda doctrina cuando debe formar un sistema, es decir, una totalidad del conocimiento ordenado según principios, se llama ciencia” (Kant, 1991 [1786], p. 4). Dirá poco después que “sólo se puede llamar ciencia a [aquel conocimiento] cuya certeza es apodíctica; un conocimiento que sólo ofrece una certeza empírica es denominado saber sólo impropiaamente”.

Kant divide la ciencia de la naturaleza en ciencia histórica y ciencia natural. Si el concepto de naturaleza “no hiciese necesario un conocimiento racional de su desencadenamiento, este conocimiento no puede [...]

merecer el nombre de ciencia de la naturaleza”. Esto lo convence de que es conveniente dividir la teoría de la naturaleza en teoría histórica de la naturaleza y ciencia de la naturaleza. La teoría histórica de la naturaleza no contendría más que hechos sistemáticamente ordenados de cosas de la naturaleza; esto es, comprendería una descripción de la naturaleza “en tanto que clasificación de [...] hechos según las analogías y una historia de la naturaleza en cuanto que exposición sistemática de aquellos en los diferentes tiempos y lugares”. La ciencia de la naturaleza, por su parte, admite una subdivisión en ciencia propia de la naturaleza y ciencia impropia de la naturaleza: mientras la primera trata su objeto enteramente según principios *a priori*, la segunda trata al objeto según las leyes de la experiencia.

Esta digresión de Kant, que se centra en la necesidad de disección entre teoría histórica de la naturaleza y ciencia de la naturaleza, sumada a la desagregación de la ciencia natural en propia e impropia, responde a sus preocupaciones sobre el carácter fundamental o no-fundamental de las leyes que gobiernan las fuerzas naturales, y se relaciona con las preguntas por la necesidad y la contingencia. Esta preocupación por discernir entre las leyes fundamentales y aquéllas que son plausibles de ser derivadas a partir de otras acompañó las meditaciones cosmológicas de Kant desde su período precrítico. Su libro de cosmología, de 1755, como todo libro de *Historia natural*, pone la pregunta sobre la contingencia de las leyes en primer plano. Las preguntas sobre la necesidad de las leyes y sobre su carácter universal, reaparecen sobre el final de *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*, y se sumará a esas preguntas una propia del universo trascendental: la pregunta por la posibilidad de un conocimiento *a priori* de las leyes que gobiernan las fuerzas naturales. En ese sentido, podemos decir que *Principios metafísicos* responde a preguntas que Kant planteaba en el período precrítico y que luego resurgen en la analítica trascendental de la *Crítica* y especialmente en los *Prolegómenos*.

El camino hacia una ciencia de la naturaleza

Reiteramos la afirmación que citáramos arriba: “sólo se puede llamar ciencia a aquella cuya certeza es apodíctica; un conocimiento que sólo ofrece una certeza empírica es denominado saber sólo impropriamente”. Kant presenta a la química de su tiempo como una disciplina cuyos principios son simplemente empíricos, y sus leyes, simplemente las leyes de la experiencia. La química no representaba para Kant un ejemplo de ciencia propiamente dicha. Recordemos que Kant afirma que “[u]na teoría racional de la naturaleza merece, pues, el nombre de ciencia de la naturaleza sólo si las leyes naturales sobre las que se funda son conocidas *a priori* y no son simples leyes de la experiencia” (1991 [1786], p. 5). Luego, “toda teoría de la naturaleza debe, según las exigencias de la razón, conducir a la ciencia de la naturaleza y concluir ahí”.

Esto nos retrotrae a lo que Kant discute en los *Prolegómenos* (§§ 36-38). Es decir, reaparece aquí la pregunta de cuán amplio era el conjunto de leyes de la naturaleza a las que se refería Kant cuando afirmaba que debían ser cognoscibles *a priori* para que la disciplina racional que se basa en ellas sea considerada una ciencia de la naturaleza. ¿Acaso se refiere Kant sólo a las categorías del entendimiento, que son condiciones de posibilidad para una ciencia, o incluye también allí, por ejemplo, las leyes fundamentales que describen la forma funcional de las fuerzas de la naturaleza? La inclusión de estas últimas, además de las categorías, es necesario si lo que se pretende es que el conjunto de leyes *a priori* permita en alguna medida la reunión de un conjunto mínimo de axiomas del cual derivar los teoremas de la ciencia supuesta. De lo contrario, se estaría ante una ciencia cuyas bases tienen una naturaleza mixta, como lo sugiere la interpretación que Friedman da del contenido del párrafo §38 de los *Prolegómenos* (1992, p. 166), según la cual las leyes devendrían en parte de conocimientos *a priori* y en parte de la experiencia. Kant expresa esto claramente en *Principios metafísicos*. En el caso de las leyes que describen las formas funcionales de la fuerza, que no están comprendidas enteramente en las categorías y que, por lo tanto, demandarían la asistencia de algo más, es posible pensar que ese “algo más” no sea sólo la experiencia sino también la combinación con otra información *a priori*; esto es, las formas de la sensibilidad: si el espacio tridimensional y euclidiano, cuyas leyes geométricas nos son dadas *a priori*, de alguna medida implican la forma de las leyes —esa es la idea expuesta en los *Prolegómenos*, donde Kant asocia la ley de la inversa de cuadrado a las fórmulas de la superficie de las esferas—, entonces de cierta manera algunos aspectos de las leyes de fuerza estarían codificadas en la *Estética trascendental*. Vemos aquí como el contenido de los *Prolegómenos* (1783) articula perfectamente con el de *Principios metafísicos* (1786). De todas formas, afirmará Kant en este último libro que la razón alcanza su límite al pretender ir más allá de las leyes de las fuerzas primordiales.

Volviendo a la definición kantiana de naturaleza, ahora discutida en relación con las leyes, digamos que Kant consideraba que “la palabra naturaleza comporta ya el concepto de leyes y estas, por su parte, [comportan] el concepto de necesidad de todas las determinaciones de una cosa que implica la existencia de esa cosa” (Kant 1991 [1786], p. 5). Diría luego que esa “necesidad de las leyes es, en efecto, inseparable del concepto de naturaleza y quiere, por esta razón, ser reconocida absolutamente” (p. 5). Según Kant, toda ciencia de la naturaleza debe tener una parte pura sobre la cual se debe fundar la certeza apodíctica que la razón busca en ella (cf. p. 5). Ahora bien, esa “parte pura” de la ciencia de la naturaleza debe verse asistida por la experiencia. En esta asistencia, que se debe a cuestiones de método, se lee una subordinación. En efecto, la jerarquía entre razón y empiria se ve más claramente en *Principios metafísicos*. También entre las edificaciones de la razón discierne Kant. Sostiene que “el puro conocimiento racional por simples conceptos” es denominado filosofía pura o metafísica, mientras que el conocimiento que sólo funda sobre la construcción de conceptos, presentando el objeto de una intuición *a priori*, se denomina conocimiento matemático (cf. p. 6). Esta distinción entre conocimiento filosófico y conocimiento matemático será importante más adelante, cuando Kant intente resolver el problema de la divisibilidad infinita del espacio y de la materia. En la

disputa por resolución de ese problema, la voz del filósofo se levantará frente a la del geómetra y la discusión desembocará en la idea de la materia como fenómeno.

La necesidad de una metafísica

Toda ciencia de la naturaleza, dice Kant, presupone una metafísica:

Una ciencia de la naturaleza, que propiamente hablando se denomine así, presupone una metafísica de la naturaleza, ya que las leyes, es decir, los principios de la necesidad de aquello que pertenece a la existencia de una cosa, se relacionan con un concepto que no se puede construir, porque la existencia no se puede representar en ninguna intuición *a priori*. Por tal razón, la ciencia de la naturaleza propiamente dicha presupone la metafísica de la naturaleza (p. 6).

Agrega que la metafísica de la naturaleza siempre contiene, por definición, principios que no son empíricos, y advierte que esa metafísica también puede no tener ninguna relación con un objeto de la experiencia determinado, sin preocuparse de forma determinada de la naturaleza de las cosas del mundo sensible, ocupándose de las leyes en general que hacen posible el concepto de una naturaleza. Esta es la parte importante para la filosofía trascendental de la metafísica de la naturaleza (cf. p. 6).

Por otro lado, Kant sostiene que “en toda teoría particular de la naturaleza sólo hay ciencia propiamente dicha en tanto que se encuentren en ella matemáticas” (p. 7). La necesidad del carácter apodíctico de la construcción teórica es inalienable para que una ciencia sea. Hay aquí una necesidad de la necesidad, en cuanto el rigor de las deducciones teorematizadas a partir de los axiomas que definen la disciplina posibilita que una conclusión devenga necesidad, y este tipo de construcción en la ciencia es, a su vez, necesario. No obstante, en una ciencia de la naturaleza hay más, y esto es la empiria: “una ciencia propiamente dicha de la naturaleza en concreto, exige una parte pura sobre la que se funda la parte empírica y que descansa sobre el conocimiento *a priori* de las cosas de la naturaleza” (p. 7). Conocer una cosa *a priori* significa para Kant conocerla según su simple posibilidad, y afirma él que “conocer la posibilidad de cosas naturales determinadas, y, por lo tanto, *a priori*, exige además que la intuición correspondiente al concepto sea dada *a priori*, es decir, que el concepto sea construido”.

Las digresiones sobre la construcción de conceptos llevan a Kant a precisar más su definición dada arriba, afirmando que “una pura teoría de la naturaleza en general [...] es posible, en rigor, sin la matemática”. Esto podría a simple vista parecer contradictorio con lo afirmado arriba, pero cabe atender a que Kant está refiriendo ahora a una “teoría pura de la naturaleza en general”, mientras que antes había concluido lo contrario para una “teoría particular de la naturaleza”, entendiéndose por esto la física o la psicología —la ciencia de los cuerpos y la ciencia del alma—. En contraste, una teoría pura de la naturaleza “en general” es aquella que sólo considera lo que constituye el concepto de una naturaleza de una manera “general”, *i.e.* no de una manera particular. Así, mientras una ciencia particular de la naturaleza exige que se encuentren en ella matemáticas, una teoría de la naturaleza en general es, en principio, posible sin la matemática. Lo reafirma así: “una pura teoría de la naturaleza acerca de las cosas determinadas en la naturaleza (teoría de los cuerpos o teoría del alma) únicamente [sería] posible por medio de la matemática” (p. 7).

La necesidad de la matemática responde a que, para Kant, en toda teoría de la naturaleza sólo se encuentra ciencia propiamente dicha en tanto que contenga conocimiento *a priori* (p. 7). Debido a esto, concluye Kant, la teoría de la naturaleza sólo contiene verdadera ciencia en la medida en que la matemática, la geometría y la aritmética, pueda aplicarse a ella (p. 7). Así, para Kant el paradigma de ciencia propiamente dicha será la ciencia de los cuerpos, la mecánica, la ciencia física.

La discusión preliminar de estos aspectos epistemológicos prepara el terreno para abordar la cuestión central de su libro *Principios metafísicos*, que, como adelantamos, es la materia. Es necesario para Kant posibilitar la aplicación de las matemáticas a la teoría de los cuerpos, ya que sólo así podría obtenerse una teoría de la naturaleza. Para lograrlo, Kant reconoce que es menester presentar los principios de “la construcción de conceptos que se relacionen, de manera general, con la posibilidad de la materia” (p. 9). Esta, nos dice Kant, es una “tarea de la filosofía pura que no utiliza para este fin ninguna experiencia particular, sino únicamente lo que se encuentra en el concepto tomado aisladamente [...] con relación con las intuiciones puras en el tiempo y en el espacio”. Esto es así aun cuando tenga el concepto de materia un origen empírico.

El movimiento de la materia

En la cinemática sólo se consideran las cuestiones relativas al movimiento. El sujeto del movimiento es la materia. Esto está en las bases de la definición kantiana: “La materia es aquello que es móvil en el espacio” (AA 04, 480, 5 ss.; cf. *MAN*, Kant 1991 [1786], p. 19). No obstante, en tanto uno se limite estrictamente al estudio de la cinemática, *i.e.* la foronomía, no se le atribuye a la materia ninguna otra cualidad además de su movilidad. La cinemática restringe su objeto de estudio al movimiento, sin indagar sobre las causas de este; discute sobre la naturaleza del movimiento *per se*, *e.g.* su carácter relativo, y sobre las cualidades del espacio y el tiempo en relación con el movimiento.

Sobre el espacio en el que la materia es lo móvil, dice Kant que “el espacio que por sí mismo es móvil se llama espacio material o también espacio relativo”. El rótulo de “material” debe entenderse porque el espacio en el que la materia se mueve es a menudo pensado como un medio, como un substrato en el que la materia se desplaza. Ese movimiento es “relativo” al espacio pensado como medio, por lo que es posible pensar que es el espacio mismo el que se mueve. Alcanza con pensar en un barco que se mueve en el mar; el mar sería ese espacio material e inmenso que, desde la perspectiva del barco, puede pensarse móvil. Esa

materialidad del espacio —meramente nominal, por cierto— es posible de ser pensada precisamente porque el movimiento es relativo y puede pensarse relativo a ese espacio pensado.

Además del espacio material, Kant piensa en el espacio puro o absoluto, que es “aquel espacio en el cual debe pensarse todo movimiento” (p. 19). Ese espacio en el que todo movimiento puede ser pensado, ese mar quieto en el que todos los bajeles navegan, es el espacio absolutamente inmóvil.

Vemos aquí a Kant describiendo un espacio distinto al de la *Crítica de la razón pura*, aunque no incompatible con éste. De hecho, las nociones trascendentales de espacios presentadas por Kant en los *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* están bastante cerca del concepto de espacio absoluto tratado en el trabajo en el texto precrítico sobre *La razón primera de la diferencia entre direcciones en el espacio*, de 1768 (cf. Kauark-Leite 2017, p. 175).

Es el abordaje del problema de la movilidad de la materia lo que le exige a Kant más estructura y precisión en la definición del espacio, concepto que aparece en *Principios metafísicos* desagregado en más de una de sus formas. Estas definiciones acerca del espacio son inescindibles de la cuestión de la relatividad del movimiento, tema que Kant trata en varias partes y en detalle. Dice sobre esto, en particular, que

todo movimiento objeto de la experiencia es puramente relativo; el espacio donde es percibido es también un espacio relativo que, al mismo tiempo, se mueve en un espacio mayor e incluso, posiblemente, en dirección opuesta. En consecuencia, la materia, que es móvil, en el primer espacio puede estar en reposo con respecto al segundo (Kant 1991 [1786], p. 21).

La misma definición que Kant da del movimiento lleva la noción de relatividad: “El movimiento de un objeto es la modificación de sus relaciones exteriores con referencia a un espacio dado” (cf. AA 04, 482, 11 ss.). Le sigue a esta definición una serie de discusiones que Kant hace en su libro acerca de diferentes casos de movimientos relativos. No son pocas las confusiones acerca de los sistemas inerciales que esas discusiones dejan ver. Eso no se debe a que las conclusiones de Kant sobre el movimiento resulten erróneas, sino más bien a lo trabajosas que resultan sus argumentaciones sobre cuestiones cinemáticas simples: el movimiento de la Tierra sobre su eje, las fases de la Tierra vistas desde la Luna, las órbitas de los planetas se mezclan con ejemplos de tinte newtoniano-machiano de toneles de cerveza cuyo contenido rota (cf. AA 04, 482, 17 ss.; Kant 1991 [1786], pp. 22-23); luego, Kant discute sobre el movimiento rectilíneo uniforme (cf. p. 28) y el movimiento compuesto (p. 29; cf. p. 32). Sin llegar a ser rapsódica, e incluso sin ser incorrecta, la discusión de Kant sobre la cinemática resulta confusa.

Continuando con la relatividad del movimiento, Kant escribe que “[t]odo movimiento, objeto [*Gegenstand*] de una experiencia posible, puede ser considerado a voluntad como movimiento de un cuerpo en un espacio en reposo, o bien el cuerpo estando en reposo y el espacio en movimiento en sentido opuesto y con la misma velocidad” (AA 04, 487, 15 ss.; *MAN*, Kant 1991 [1786], p. 30). Para esto, había ya definido el “reposo” como la presencia permanente en un mismo lugar, siendo lo permanente aquello que dura un cierto tiempo. Uno advierte que aquí se habla de un movimiento relativo como objeto de una experiencia posible, y entonces se impone la pregunta de si la idea de movimiento absoluto puede también entrar en este esquema. Kant lo deja en claro afirmando que “un movimiento absoluto, es decir, en referencia a un espacio no material, no puede ser objeto de experiencia y es, para nosotros, inexistente” (p. 30). Agrega: “en todo movimiento relativo, el espacio mismo, considerado como material, puede ser representado en reposo o bien en movimiento”.

La discusión que Kant propone en los *Principios metafísicos de la foronomía* acerca de la relatividad del movimiento, *i.e.* acerca de la posibilidad inajenable de pensar de manera equivalente el movimiento desde uno u otro sistema, se relaciona con la cuestión del espacio absoluto. Un ejemplo de ello es la discusión que Kant hace de la composición de dos movimientos a partir de un único y mismo punto, que, según nos dice, “no puede concebirse más que si uno de los dos es representado en el espacio absoluto [...]” (cf. p. 30). Esto reconduce nuestra mirada hacia el espacio absoluto. Dijimos ya que Kant dedicaba en *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* una serie de comentarios concretos al espacio absoluto. Retomemos esa discusión aquí recogiendo algunas aserciones que dejan en claro la concepción del espacio absoluto que Kant tenía durante el período crítico, en el marco de su filosofía trascendental: afirmaba Kant que un espacio absoluto no es material y no puede ser objeto de experiencia (p. 21). Había afirmado ya que “el espacio no sería más que la forma de toda intuición sensible externa” (p. 20). Así, el espacio absoluto no es nada en sí, no es un objeto [*Objekt*]. El espacio absoluto, según Kant, sería sólo aquello que “es presupuesto por cualquier otro espacio relativo que yo puedo pensar como exterior al [espacio] que me es dado y que retrotraigo indefinidamente más allá de todo espacio que nos sea dado y al que comprende” (p. 20).

La palabra “retrotraer” refiere aquí a la operación de extrapolación, *i.e.* refiere al *regressus* del que Kant ya hablaba al discutir el espacio en la *Dialéctica trascendental*: “en el *regressus* empírico no se puede encontrar ninguna experiencia de un límite absoluto, y, por tanto, de ninguna condición que, como tal, sea absolutamente incondicionada empíricamente” (KrV. A517/B545; cf. Kant 2014, p. 581). Vemos entrar aquí el método trascendental en relación con el problema del espacio. Luego aplicará el mismo método al problema de la materia.

Una definición trascendental de la materia

Sobre la materia, Kant afirma que

si no debo definir el concepto de materia en función de un predicado que se refiera a ella como objeto [*Objekt*], sino que sólo puedo [definirla] por su referencia a la facultad de conocer, en la cual la representación pueda previamente serme dada *a priori*, entonces la materia es una cierta cosa

[*Gegenstand*] de los sentidos externos y tal será la pura definición metafísica (*MAN*, Kant 1991 [1786], p. 20).

La materia no puede ser dada enteramente *a priori*, afirma Kant, y propone para ella la siguiente definición: “La materia es el móvil en tanto que llena un espacio” (cf. AA 04, 496, 11 ss.; *MAN*, Kant 1991, p. 43). Nos adentramos así en el reino de la dinámica, habiendo dejado atrás el estudio de la materia limitado a su movimiento. Al referir aquí a “llenar un espacio” Kant habla de las fuerzas de los cuerpos o, más precisamente, de la resistencia del cuerpo que llena un espacio frente a todo otro cuerpo que, debido a su movimiento, se esfuerce por penetrar en tal espacio. Esa definición de espacio lleno habilita la del espacio vacío como su complemento: “[u]n espacio que no está lleno es un espacio vacío” (p. 43).

Esta definición de la materia es una definición dinámica y presupone la definición de materia dada en la foronómia, añadiéndole a esa la “propiedad que la relaciona como causa de un efecto, a saber, el poder de resistir a un movimiento en el interior de un determinado espacio” (p. 43). La materia aparece, así, como un fenómeno; es el fenómeno asociado a la impenetrabilidad.

Kant arriba al siguiente teorema: “La materia ocupa [llena] un espacio, no por su sola existencia, sino en virtud de una fuerza motriz particular” (cf. AA 04, 497, 14 ss.; *MAN*, Kant 1991 [1786], p. 44). Vemos aquí nuevamente la idea de “fuerza motriz”, uno de los elementos principales en la discusión que originaba las *Ideas sobre la verdadera valoración de las fuerzas vivas*. Fuerza motriz significa aquí fuerza que puede generar movimiento, por lo que no debe entenderse en el sentido wolffiano del término. Kant nunca dejó de reconocer que la fuerza fuera causa de movimiento, aunque haya criticado la identidad entre fuerza y movimiento. Es debido a esto que el término “fuerza motriz” aparecerá en diferentes discusiones de los *Principios metafísicos de la dinámica* refiriendo a fuerzas que son causa de un movimiento. Escribe Kant:

La penetración en un espacio (al instante en que comienza se denomina tendencia a penetrar) es un movimiento. La resistencia a un movimiento es la causa de su disminución al igual que de su transformación en reposo. Ahora bien, uno no puede unir a un movimiento cualquier cosa que lo disminuya o lo suprima, si no es otro movimiento de algún móvil en una dirección contraria [...]. Así la resistencia que una materia, en el espacio que ella ocupa, opone a la invasión de otras materias es una causa del movimiento de estas últimas en una dirección opuesta. Ahora bien, la causa de un movimiento se denomina fuerza motriz. Así, la materia ocupa su espacio en virtud de una fuerza motriz, y no por su simple existencia” (AA 04, 497, 11-30 ss.; *MAN*, Kant 1991 [1786], pp. 44-45).

Kant comienza a construir aquí su teoría constitutiva de la materia, una teoría que ya había bosquejado en su *Monadología física*, de 1756, y que consiste en la asistencia de dos fuerzas fundamentales que compiten otorgándole a la materia su impenetrabilidad y su extensión. Estas dos fuerzas son una fuerza de expansión y una de atracción. “La fuerza de atracción es la fuerza motriz por la cual una materia puede ser causa de que otras se aproximen a ella” y también causa de agregación de la materia misma (cf. AA 04, 498, 16 ss.; *MAN*, Kant 1991 [1786], p. 47). Esto es, la fuerza de atracción en aquella mediante la cual la materia se opone a que otras materias se le alejen. Por otro lado, “[l]a fuerza de repulsión es aquella por la cual una materia puede provocar el alejamiento [*i.e.* la repulsión] de otras [materias]”. Dicho de otra manera, la fuerza de expansión es aquella mediante la que la materia se resiste a la aproximación de otras. Indistintamente, Kant se refiere a esta segunda fuerza como fuerza de propulsión, repulsión o expansión, mientras que a la primera le reserva el nombre de fuerza de atracción (cf. p. 47).

Aunque no siempre lo expresara de forma concreta, cuando Kant pensaba en la fuerza de atracción tenía en mente la fuerza gravitatoria, regida esta por la ley de Newton de la inversa del cuadrado de la distancia. Se confundía él al identificar esa fuerza de cohesión de la materia con la fuerza gravitatoria. Esa cohesión gravitatoria que reúne la materia sí es la explicación adecuada en el caso de las estrellas, dada la considerable (cuando no enorme) masa que éstas tienen; pero no es la fuerza newtoniana la que sostiene a los cuerpos en general. Sin una teoría molecular de la materia ni acceso a las fuerzas íntimas de las sustancias, Kant sólo contaba con la fuerza newtoniana como modelo de fuerza atractiva. Si bien la constitución de la materia, al menos a la escala de la química, de la cristalografía, e incluso a la escala atómico-molecular es predominantemente de origen eléctrico, Kant no podía intuirlo. También la fuerza que dota a la materia de su impenetrabilidad es de origen eléctrico, y aunque la fuerza eléctrica coulombiana, que también satisface la ley de la inversa del cuadrado, era ya conocida, es claro que Kant no estaba al tanto de los detalles de ello. La ley de Coulomb para la fuerza eléctrica fue publicada en 1785, tan solo un año antes de la publicación de *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*. Dijimos ya que es posible especular con que Kant habría acaso incorporado la fuerza coulombiana en su teoría de la materia de haber estado al tanto de su formulación matemática.

Sobre las fuerzas fundamentales de repulsión y atracción que dotan a la materia de su extensión, Kant escribió:

No se pueden concebir más que estas dos fuerzas motrices de la materia [*i.e.* la de propulsión y la de atracción]; pues todo movimiento que una materia imprima a otra [...] debe ser siempre pensado como transmitido, siguiendo la línea recta entre dos puntos. Ahora bien, esta recta no permite más que dos especies en movimiento; por el principio, estos puntos se alejan uno del otro; por el segundo, se aproximan (p. 46).

Dice también: “La materia llena el espacio mediante una fuerza motriz, esto es, una fuerza que se opone a la invasión de otras materias o, lo que es lo mismo, a su aproximación; es, por tanto, una fuerza repulsiva”

(p. 47). Vemos aquí que la referencia a que las materias “se aproximan” sugiere que la repulsión podría actuar a distancia, aunque sea ésta muy pequeña. Más tarde ahondará sobre esto, aunque las distancias infinitesimales a las que las fuerzas repulsivas actuarían hacen caer a Kant en argumentos confusos.

Kant considera que la fuerza actúa en una dada medida, y es eso lo que dota a las materias de distintas extensiones y propiedades: “[L]a fuerza de expansión, que permite a toda materia llenar su espacio, posee su grado propio, que nunca es el mayor ni el menor, sino que se pueden encontrar infinitos superiores e inferiores” (p. 48). Kant intenta explicar así el abigarrado conjunto de propiedades diversas que las distintas sustancias exhiben. En relación con esto, enuncia su teorema sobre la compresibilidad: “La materia puede ser comprimida hasta el infinito, pero nunca puede ser penetrada por otra materia, cualquiera que sea la fuerza de compresión de esta última” (p. 49). Esto es algo que estaba ya en su *Monadología física* (1756), donde afirmaba algo parecido. Vemos aquí que su teoría de las fuerzas de la materia del período precrítico parece encontrarse intacta. Sigue Kant sosteniendo que “ninguna materia es susceptible de compresión, a menos que contenga espacios vacíos [en el interior de un volumen que define un cuerpo]” (p. 51) y que, “[e]n consecuencia, la materia, en tanto que materia, resistirá a toda penetración con una necesidad absoluta”.

“La impenetrabilidad absoluta no es, ni más ni menos, que una cualidad oculta”, nos dice Kant, y denuncia un vicio de circularidad en las teorías sobre la composición de la materia: “al pedirse la razón por la cual las materias, en su movimiento, no pueden ser penetradas unas por otras, se ofrece esta respuesta: porque son impenetrables” (p. 51). Para Kant, la posibilidad de esta fuerza expansiva no puede explicarse y debe ser considerada como una fuerza fundamental de la naturaleza (cf. p. 51). La imposibilidad de un “porqué” se debe al carácter “fundamental” de una ley. Esto es muy interesante si lo pensamos desde una perspectiva contemporánea. Kant manejaba hacia 1786 una concepción de fuerza fundamental que se asemeja en gran medida a aquella de la física teórica de hoy. El contenido epistemológico de la idea de ley fundamental de la naturaleza como irreducible e inexplicable, la idea de jerarquía entre distintas descripciones de los fenómenos naturales, e incluso la idea de unificación de las leyes admiten una lectura actual.

La materia como fenómeno

Entendida la materia como fenómeno, Kant se sentirá armado para atacar problemas que comportaban notable dificultad a la hora de entender la constitución de las sustancias. En particular, Kant aborda desde un punto de vista trascendental el problema de la divisibilidad de la materia, problema que, si bien había ya tratado en el período precrítico, parece adquirir en el período crítico un peso mayor. Comienza Kant la discusión de este asunto enunciando en otro teorema que “[l]a materia es divisible *in infinitum* en partes que, a su vez, cada una es materia” (*MAN, Ak.*, IV, 503, 20 ss.; cf. Kant 1991 [1786], p. 52). Más precisamente:

*Die Materie ist ins Unendliche teilbar, und zwar in Teile, deren jeder wiederum Materie ist.
Die Materie ist undurchdringlich, un zwar durch ihre ursprüngliche Ausdehnungskraft, diese aber ist nur die Folge der repulsiven Kräfte eines jeden Punkts in einem von Materie erfüllten Raum.* (cf. Kant 1968 [1786], p. 56).

Esto es,

La materia es infinitamente divisible en partes, cada una de las cuales es materia a su vez.
La materia es impenetrable por su poder original de expansión, pero esto es sólo el resultado de las fuerzas repulsivas de cualquier punto del espacio lleno de materia.

Es interesante comparar esta teoría de la materia que Kant expone en *Principios metafísicos* (1786) con aquella bosquejada en *Monadología física* (1756). La cuestión de la divisibilidad infinita de la materia es la diferencia principal entre sus teorías de la materia de 1756 y de 1786: en 1786, Kant sigue manteniendo que la divisibilidad del espacio no implica la divisibilidad de la materia; es decir, que la divisibilidad de la materia, sea cierta o no, no deriva de la divisibilidad del espacio. Escribe: “La demostración de la divisibilidad infinita del espacio está lejos de probar la de la materia” (p. 53). Para probarlo, sostiene Kant, es menester probar primero que “la substancia se da en cada una de las partes del espacio, es decir, que hay partes móviles de por sí, que son susceptibles de ser encontradas”. Esta no-implicancia entre la divisibilidad infinita del espacio *per se* y la divisibilidad de la materia es uno de los rasgos que Kant mantiene en su teoría de la materia desde el período precrítico hasta el crítico. Ahora bien, hacia el período crítico Kant cambiaría su opinión acerca del hecho de que la materia, en cuanto fenómeno, no es divisible *ad infinitum*.

Kant toma distancia de la teoría de las mónadas o, al menos, de cierta interpretación de ella (cf. Smith 2013, p. 102). Escribe:

[S]i un monadista quisiera admitir que la materia se compone de puntos físicos de los cuales cada uno carece de partes móviles, aun cuando por causa de la sola fuerza expansiva llenasen un espacio, él podría mantener, a partir del hecho de la división del espacio, que este es divisible, pero no por ello que lo sea la substancia que en él actúa (AA 04, 504, 9 ss; cf. Kant, 1991, p. 53).

Este argumento del “monadista” es, *mutatis mutandis*, aquel que él mismo esgrime en su trabajo de 1756. Luego, propone una demostración de que en un espacio lleno no puede haber un punto que no sea móvil por sí mismo. Esto, nos dice Kant, “cierra la puerta al monadista”. En esa demostración Kant considera el rango de acción [esfera de fuerza expansiva] en torno al punto en el que se ubicaría una mónada, luego considera un punto dentro de esa esfera de acción, y concluye que ese punto no puede no ser móvil debido a la reacción que ejerce sobre él. Termina por refutar su propia teoría monadológica de treinta años antes.

Pasa entonces a abordar el problema de la divisibilidad de la materia desde el punto de vista trascendental. Preparando el territorio, primero habla de la matemática. Esto se debe a que, como ya adelantamos, en la resolución de la disputa por la divisibilidad de la materia la voz del filósofo se alzaría frente a la del geómetra. Sobre la matemática, dice:

La matemática en su uso interno, puede permanecer completamente indiferente a las disputas causadas por una metafísica errónea y mantenerse en la segura posesión de sus evidentes afirmaciones concernientes a la infinita divisibilidad del espacio, sean cuales fueren las objeciones que le opongan en su camino razonamientos sutiles fundados en meros conceptos especulativos. Sin embargo, en relación con la substancia que lo llena, debe aquella ciencia matemática introducir la prueba en relación con los conceptos puros (de la física), induciendo, con ello, a una metafísica (AA 04, 505, 24 ss.; *MAN*, Kant 1991 [1786], p. 56).

Habiendo dicho esto, sobre la indivisibilidad se pronuncia así:

Aunque la materia sea, desde el punto de vista matemático, infinitamente divisible, y aunque, a su vez, cada parte del espacio sea, a su vez, un espacio, y por ello comprenda siempre partes exteriores unas a otras; si no se pudiese demostrar que en cualquier parte posible de ese espacio lleno se dan también unas substancias, las cuales, independientemente de las demás, son móviles y existentes de por sí; si ello no fuera así, no habría necesidad alguna de que la materia fuese físicamente divisible hasta el infinito.

Es en este punto donde la filosofía trascendental viene al rescate:

Ahora bien, si la materia es infinitamente divisible (así razona el metafísico dogmático), se compone de una cantidad infinita de partes, porque parece evidente que una totalidad contenga de antemano todas las partes en que debe dividirse. Esta última conclusión, sin duda, es correcta en lo que respecta a toda totalidad en tanto que cosa en sí; sin embargo, como no se puede aceptar que la materia ni tampoco el espacio se compongan de número infinito de partes (ya que es contradictorio concebir enteramente completa una cantidad infinita en la que el concepto mismo implica que nunca podrá ser representada como completa), será preciso concluir, a despecho del geómetra, que el espacio físico no es infinitamente divisible o, a disgusto del metafísico, que el espacio no es la propiedad de una cosa en sí y, consiguientemente, que la materia no es una cosa en sí, sino un simple fenómeno de nuestros sentidos externos, siendo el espacio la forma esencial (p. 57).

La disputa imaginada entre el geómetra y el filósofo estaba ya en su *Monadología física*, pero aquí cobra una nueva dimensión. Se suma ahora la figura del “dogmático”.

“Aquí el filósofo se encuentra tironeado entre los extremos de un peligroso dilema”, dice Kant. Por un lado, negar que el espacio sea divisible indefinidamente, nos dice, “resulta tentativa vana”, dado que los razonamientos, por más sutiles que sean, “nada pueden frente a la matemática”. Pero, por otro lado, “considerar la materia como una cosa en sí y, consiguientemente, el espacio como una propiedad de las cosas en sí y, sin embargo, negar aquella proposición, es una y la misma cosa” (p. 57). Ergo, el filósofo,

se encuentra obligado a renunciar a la segunda proposición [...] bajo la condición de que la materia y el espacio queden constituidos como meros fenómenos (haciendo, por esta causa, del espacio la forma de nuestra intuición externa, y de estas dos cosas, no cosas en sí, sino únicamente modos subjetivos de nuestra representación de objetos [*Gegenstände*] que nosotros desconocemos) librándose así de la dificultad que consiste en (tener que admitir) la infinita divisibilidad de la materia, que no admite estar constituida en un número infinito de partes (pp. 57-58).

Vemos aquí el método trascendental en aplicación directa al problema filosófico de la divisibilidad indefinida de la materia. Kant propone la solución al problema considerando la materia como fenómeno. Para ello, había él ya preparado el terreno al considerar la impenetrabilidad, la reluctancia de la materia al acercamiento de otras materias, como aquello que de la materia nos es dado. La materia es fenómeno. En el capítulo cuarto de su libro, al tratar los *Principios metafísicos de la fenomenología*, Kant escribirá: “La materia es aquello que es móvil en la medida en que, como tal, puede ser objeto de experiencia” (p. 127).

Le es posible a la razón concebir la infinita divisibilidad de la materia; le es posible a ella concebir que la materia está constituida de infinitas partes; pero le es imposible hacer esto “intuible”. Dirá Kant que la idea de la materia como compuesta de infinitas partes sólo es real en la medida en que se encuentra dado en la representación, pero “no ofrece cosa alguna que no sea lo que se encuentra en la representación misma; es decir, aquello que se extiende tan lejos como [lo hace] el progreso de las representaciones”. La división indefinida de la materia no se da en una medida que nosotros podamos llevar a cabo. Un fenómeno tal sólo existe en nuestro pensamiento, cuando pensamos la división la iteración de ese acto *ad infinitum*, pero no se da a nuestra experiencia: “Es cierto que la división se extiende indefinidamente, pero ella jamás nos es dada como infinita” (p. 58).

Es por esto que afirmábamos antes que, habiendo entendido la materia como fenómeno, Kant se siente equipado para abordar problemas tales como el de la divisibilidad indefinida de la misma. El espacio no es divisible al infinito porque no es una cosa en sí. Al ser la materia un fenómeno, no es divisible hasta el infinito, aunque desde el punto de vista matemático lo sea. Este es un típico giro kantiano en el que Kant deja tras él anudados a sus contrincantes, los que, como en la mayoría de los casos, ni siquiera estaban equivocados: a

disgusto del metafísico, el espacio no es la propiedad de una cosa en sí, ni lo es la materia, que es entendida ahora como fenómeno de nuestros sentidos externos cuya forma esencial es el espacio.

Habiendo discutido la materia como fenómeno, sería provechoso finalizar esta subsección retomando la lectura de la *Dialéctica trascendental* de la *Crítica de la razón pura*, a efectos de comparar el tratamiento que Kant hace allí acerca del problema de la divisibilidad de la materia. En la *Dialéctica*, al tratar la *resolución de la idea cosmológica de la totalidad de la división de un todo dado en la intuición*, Kant escribe:

Ciertamente, pareciera que, puesto que un cuerpo debe ser representado en el espacio como substancia, este cuerpo se distinguirá por eso de [espacio]; pues ciertamente se puede conceder que la descomposición, en el último, nunca podría suprimir toda composición, ya que en ese caso incluso todo espacio, que no tiene nada de subsistente por sí mismo, cesaría de ser (lo que es imposible); en cambio, que no haya de quedar nada si se suprime, en el pensamiento, toda composición de la materia, no parece que se pueda hacer compatible con el concepto de una substancia, que tendría que ser, propiamente, el sujeto de toda composición, y debería subsistir en sus elementos, aunque se hubiera suprimido la conexión de estos en el espacio por la que constituyen un cuerpo. Sólo que con lo que en el fenómeno se llama substancia no ocurre lo mismo que uno pensaría de una cosa en sí, mediante un concepto puro del entendimiento. Aquello no es sujeto absoluto, sino imagen permanente de la sensibilidad, y nada más que intuición en la cual no se encuentra nada incondicionado (A525/B553; cf. Kant 2014, pp. 587-588).

El error en la monadología

Podemos ver en la cuestión de la divisibilidad de la materia el único elemento que rompe la continuidad de la teoría kantiana de la materia a lo largo de su filosofía. A lo largo de los treinta años que separan su *Monadología física* de sus *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*, las fuerzas que dotan a la materia de su extensión e impenetrabilidad son dos, una repulsiva y otra atractiva, y son las leyes matemáticas que las describen, como veremos, las mismas, ajustándose estas a las fórmulas de la inversa del cubo y la inversa del cuadrado, respectivamente. Son la concurrencia de ambas fuerzas y la competencia entre ellas lo que hacen posibles los volúmenes finitos de los cuerpos y la impenetrabilidad. Todo esto se ha mantenido inalterado, planteando una continuidad notable entre la física precrítica y aquella del período crítico. La diferencia se encuentra, sí, en la cuestión de la divisibilidad indefinida de la materia, cuestión que, como acabamos de ver, en el período crítico Kant aborda desde un punto de vista trascendental, cambiando su visión acerca de la monadología. Escribe:

El fundamento de este error [i.e. el que está en germen en pensar el espacio, y por consiguiente su divisibilidad, como una cualidad de la cosa en sí] se debe a una mala interpretación de la *Monadología*, la cual no se refiere, en modo alguno, a la interpretación de los fenómenos de la naturaleza, sino que ella proporciona un modelo platónico del universo, de por sí coherente, que Leibniz desarrolla tanto que el universo, que no es considerado objeto de los sentidos sino como realidad en sí, constituye un objeto del entendimiento sobre el cual, no obstante, se fundamenta los fenómenos de los sentidos (pp. 59-60).

Aun así, Kant intuía que Leibniz había estado en el sendero correcto. Es por eso que su embate crítico se dirige hacia la interpretación de la monadología y no hacia la monadología *per se*. Así, exhorta a interpretar a Leibniz correctamente: según la opinión de Kant, la monadología de Leibniz “no consistía en explicar el espacio mediante un orden de seres simples yuxtapuestos, sino en colocar al lado del espacio este orden como correspondiéndole y surgiendo [...] de un mundo puramente inteligible”. Según Kant,

Leibniz no quería afirmar otra cosa que aquello que hemos puesto de manifiesto; a saber, que tanto el espacio como la materia de la que este es forma, no pertenecen al mundo de las cosas en sí, sino únicamente al de los fenómenos, que son el objeto de la forma de nuestra intuición sensible externa (p. 60).

Kant recupera aquí lo que, según su opinión, es la pretensión original de la monadología leibniziana. Nos ofrece un Leibniz dado al fenómeno, para quien la materia y el espacio, que es forma de esta, no son cosas en sí, sino los objetos de la forma de nuestra intuición sensible. Como fenómeno ha de entenderse la materia si no quiere caerse en interpretaciones erróneas de la monadología.

La fuerza como condición de existencia de la materia

Volviendo sobre la cuestión de las fuerzas y su relación con la materia, Kant afirma que “[l]a posibilidad de la materia exige, como segunda fuerza fundamental esencial, la fuerza de atracción” (AA 04, 508, 11 ss.; *MAN*, Kant 1991 [1786], p. 60). La primera fuerza se trataba de una fuerza de expansión, la que se manifestaba como fenómeno al verse impedidas las otras materias a penetrar el espacio que ocupa (que llena) un dado cuerpo material. Esa fuerza expansiva actúa repeliendo a las materias ajenas que tienden a penetrar toda materia. Lo que Kant agrega aquí, y que no es sino continuación de aquella *Monadología física* suya de 1756, es que, para ser, la materia necesita también la concurrencia de una segunda fuerza fundamental, la fuerza atractiva. Una fuerza motriz esencial de repulsión, nos dice Kant, es la que produce que las diferentes partes de la materia se separen unas de otras, por lo que no puede una fuerza tal ser limitada por ella misma. Sin la acción de una fuerza que la contrarreste, la fuerza repulsiva actuaría de manera continua, ampliando el volumen ocupado por la materia sin detenimiento (cf. pp. 60-61). Esto presupone, claro está, que no hay

una limitación para la expansión del cuerpo que sea provisto por el mismo espacio; pero Kant rechaza esta posibilidad argumentando así:

[E]l espacio, en sí mismo, no puede fijar un límite de extensión [...] [L]a fuerza expansiva deviene más débil [...] pero como quiera que cualquier fuerza motriz goza de la posibilidad de disminuir hasta lo infinito [...] [E]l espacio jamás incluye la razón por la cual esta fuerza cesaría de actuar en algún lugar (p. 61).

En consecuencia, dice Kant, la materia no podría ser si no contuviera una segunda fuerza motriz que limite la expansión. La expansión se extendería hasta el infinito; es decir, se expandiría hasta el infinito “sin que pudiera pensarse espacio alguno determinable en el que poder encontrar una determinada cantidad de materia” (p. 61). Concluye entonces la necesidad de una fuerza fundamental atractiva. En sus palabras, la materia “exige” una fuerza tal. Afirma: “si no se dieran más que [...] fuerzas expansivas en la materia, todos los espacios serían como vacíos y, consiguientemente, no habría, propiamente hablando, materia alguna”. La fuerza atractiva se convierte, así, y tal como lo hiciera la fuerza expansiva, en condición de la existencia de la materia: “La materia exige como condición de su existencia fuerzas opuestas a sus fuerzas expansivas, a saber, atractivas” (p. 61). Encontramos aquí también continuidades con las consideraciones físicas del período precrítico tan pronto cuando recordamos que ya en su libro sobre las fuerzas vivas Kant afirmaba que no habría extensión si las sustancias no tuvieran fuerzas que actúen externamente a ellas (cf. Kant 1749, §9; cf. Watkins, 2015, p. 26).

La fuerza atractiva, así como la repulsiva, es esencial para que la materia exista; en palabras de Kant, “la materia en su totalidad se caracteriza por una atracción primordial en cuanto fuerza fundamental perteneciente a su esencia” (AA 04, 508, 14 ss.; *MAN*, Kant 1991 [1786], p. 62). Dirá también: “[S]e requiere a la fuerza atractiva para hacer posible la materia”. Cassirer dirá que esta se trata de

una definición de materia en la que palpita el espíritu trascendental en cuanto la existencia de la materia no aparece en ella como algo originario, sino como algo derivado, en cuanto que sólo se considera como una expresión distinta de la acción y sujeción a leyes de las fuerzas (Cassirer 2018 [1918], p. 263).

Esta idea de la fuerza atractiva como necesaria para la existencia de la materia sacude nuevamente el estante sobre el que habíamos ordenado aquellas estatuillas de la jerarquía ontológica del período precrítico: la sustancia, la fuerza, el espacio. Si la interpretación estándar de los párrafos §36 y §38 de los *Prolegómenos* invita a rever el orden que fuerza y espacio ocupaban en la jerarquía ontológica al pasar del período precrítico al crítico, lo recién expuesto acerca de la materia y las fuerzas nos lleva a reconsiderar el orden que estas dos nociones adquieren esa misma jerarquía. La afirmación de que la materia exige las fuerzas indica que la fuerza es antes, en cuanto condición de existencia de la materia. Debemos recordar que Kant realiza giros inesperados. De hecho, podemos ver una inversión operada aquí: así como, desde una perspectiva trascendental, el orden ontológico entre fuerza y espacio puede verse invertido, siendo la forma de la fuerza exigida por la tridimensionalidad del espacio, aun cuando Kant haya afirmado en el período precrítico que el espacio es exigido por la fuerza, ocurre que, desde esa misma perspectiva, la existencia de la materia debe subordinarse a la de la fuerza, en tanto Kant afirma que la fuerza es condición de existencia de la materia. Este se relaciona directamente con la traducción discutida en la primera parte de este artículo. La materia, en cuanto fenómeno, exige la existencia de la fuerza. Nuevamente,

Die Möglichkeit derselben lässt sich nicht streiten. Denn zu allen Kräften der Materie wird Raum erfordert, und, da dieser auch die Bedingungen der Gesetze der Verbreitung jener enthält, notwendig vor aller Materie vorausgesetzt. (Kant 1968 [1786], p. 99).

La fuerza y el infinito

La necesidad de la fuerza para que la materia exista no obsta que aquello que la fuerza nos revele de la materia sea limitado. Dirá Kant que la atracción, por muy viva que sea la sensación, jamás nos revelará materia alguna con un volumen y una fuerza determinada (cf. Kant 1991 [1786], p. 62). La fuerza atractiva de la materia estará dada por la tendencia que siente nuestro cuerpo a acercarse a un punto exterior a él (pp. 62-63). Esto nos lleva a la cuestión de la posibilidad de acción a distancia, un tema que había sido central en la física de su primer libro (1747), donde Kant oponía su noción de fuerza activa a la concepción leibniziano-wolffiana de fuerza.

Para Kant la acción entre sustancias es posible a distancia [*actio in distans*] y a través del espacio vacío, sin un medio necesario para transmitir la fuerza. Sobre esto, Kant dice que “la atracción esencial a todo cuerpo material es una acción inmediata de unos sobre otros a través del espacio vacío” (AA 04, 512, 17 ss.; cf. *MAN*, Kant 1991 [1786], p. 67).

Kant estaba persuadido de que la idea de una acción inmediata de las fuerzas a distancia y a través del espacio vacío encontraba objeciones. Esas objeciones, él sabía, partían del supuesto de que una materia no puede actuar allí donde ella no se encuentra (cf. p. 68); pero Kant consideraba que quienes así argüían confundían dos nociones que eran diferentes: el contacto de los espacios en un sentido matemático y el contacto de los espacios en un sentido físico. Nuevamente aquí, la disputa se entabla entre el geómetra y el filósofo natural. El argumento de Kant para refutar las objeciones a la posibilidad de acción a distancia es, *grosso modo*, el siguiente: si se aceptase que una materia sólo puede actuar en el lugar en el que está, eso implicaría que la materia sólo puede actuar por medio de la acción repulsiva, que es la única que actuaría en contacto. Todo actuar entre dos puntos, por más cercanos que estos se encuentren, implica una acción a

través del espacio que los separa, y que siempre existe. Así, salvo que se pretenda afirmar que sólo la acción de la fuerza de repulsión existe en el universo, lo que por otro lado queda refutado por la necesidad de una fuerza que limite a la repulsión para que la materia exista, entonces debe admitirse la acción a distancia. Esta paráfrasis nuestra del argumento kantiano cumple con exponer el punto central de su análisis.

El próximo paso, una vez aceptada la acción a distancia y a través del espacio vacío, es la discusión de la ilimitación de las fuerzas. Afirmará Kant: “La fuerza de atracción originaria, sobre la cual se funda la posibilidad de la materia como tal, se extiende de manera inmediata en el espacio del universo, de una parte de éste a otra, [y así] hasta el infinito” (AA 04, 516, 22 ss.; cf. *MAN*, Kant 1991 [1786], p. 73). Es imposible no ver retornar aquí ideas que ya habían sido expuestas en la cosmología kantiana del período precrítico: como discutimos en la Segunda Parte de este trabajo, en su *Historia natural universal* (1755), Kant entendía la fuerza newtoniana de esta manera: actuando a través del espacio infinito, disminuyendo su magnitud de manera asintótica, sin que esta desaparezca jamás. Así se expresa también en *Principios metafísicos* sobre la fuerza de atracción: “disminuyendo la atracción en razón inversa a la magnitud en que se despliega su fuerza, pero jamás para suprimirla enteramente”, y así “a todo el espacio del universo hasta el infinito” (p. 74).

Como decíamos arriba, cuando Kant pensaba en la fuerza de atracción pensaba en la gravedad. Eso es evidente de sus meditaciones sobre las fuerzas. Escribe sobre la definición de la gravedad, que “es la atracción universal ejercida por cualquier materia sobre todas las demás y a cualquier distancia” (AA 04, 518, 3 ss.; *MAN*, Kant 1991 [1786], p. 75). Desde un punto de vista actual, la idea de la gravitación como fuerza universal puede parecernos obvia, pero debemos atender a que no era así en el siglo XVIII, aun cuando la teoría newtoniana era ya ciencia consolidada. Si bien Júpiter y sus lunas, y los otros astros parecían regirse por esa misma fuerza, y si bien Kant se encontraba entre aquellos pioneros en especular acerca de la validez de esa fuerza incluso a escalas galácticas, la idea de que los cuerpos ordinarios circundantes tuvieran, también, fuerzas gravitatorias entre ellos, y entre ellos y nosotros, era altamente especulativa. Pensemos, sin ir más lejos, en la gravedad ejercida sobre nosotros por los muebles de nuestra habitación. Era una idea plausible y también una idea comúnmente aceptada entre muchos filósofos naturales del siglo XVIII, pero no era algo de lo que se tuviera evidencia experimental. Asimismo, ya discutimos cuán piadosa era la idea de Kant de que una única fuerza atractiva fuera la que explicara la corporeidad de la materia. Los cuerpos de masas relativamente pequeñas, como aquellos que nos circundan, a excepción de nuestro propio planeta, no pueden explicar su condición de agregación mediante la fuerza gravitatoria. Kant jamás atendió a ese detalle como sí lo habrían hecho sus contemporáneos, como John Michell, dispuestos a efectuar un estudio cuantitativo de la estructura de la materia.

Las formas de las fuerzas

Decíamos arriba que, para Kant, toda fuerza fundamental actúa de un modo inmediato y a distintas distancias. En todos los espacios a los que la fuerza extiende su acción, nos dice Kant, aquella conserva siempre “un mismo *quantum*”; es decir, hay una cantidad conservada. Esta cantidad que se conserva es el flujo de la fuerza, y de esto viene que (en un espacio tridimensional) la fuerza decaiga como el cuadrado de la distancia, que es precisamente la forma en la que crecen las superficies de las esferas (bidimensionales) (cf. p. 76). En *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* es, junto a su libro sobre las fuerzas vivas, donde Kant desarrolla de manera más detallada sobre la ley de la inversa del cuadrado, incluso más que en sus libros de la década de 1750.

Si pensar la ley de la inversa del cuadrado en términos geométricos, una vez aceptada la tridimensionalidad del espacio, ya le otorgaba a ésta cierto grado de *necesidad*, entonces pensar esa misma ley como expresión de la conservación de un dado *quantum* terminaba de legitimarla como ley fundamental. En *MAN* Kant elabora sobre la analogía entre la fuerza y la luz, puesto que la luz también disminuye con el cuadrado de la distancia, como señalara Kepler. Luego, tal como había adelantado en su *Monadología física*, Kant extiende esa ley a “todas las fuerzas” de la naturaleza: “Lo mismo acontece con todas las demás fuerzas y leyes en virtud de las cuales ellas se deben expandir, ya sea sobre superficies, ya sobre espacio corporal [*Körperlichen Raum*], para actuar sobre objetos lejanos según su naturaleza” (cf. p. 77).

Este “actuar según su naturaleza” viene aquí a contemplar tanto la posibilidad de que una fuerza fundamental actúe como lo hace la atracción newtoniana, que se extiende en el espacio vacío entre los cuerpos, o como lo hace la fuerza expansiva de la materia, que se extiende dentro del cuerpo. Sobre la segunda fuerza, escribe:

Cuando la fuerza es una repulsión inmediata por la que un punto [...] ocupa dinámicamente un espacio y se plantea la cuestión de cuál es la ley de distancias infinitamente pequeñas (equivalentes a los contactos) según la cual una fuerza expansiva originaria [...] actúa a distancias distintas: en este caso aún menos se puede representar esta fuerza por rayos repulsivos divergentes provenientes del supuesto punto de repulsión, aun cuando la dirección del movimiento tenga como término *a quo* a aquél. En efecto, el espacio en el que debe difundirse la fuerza para actuar a distancia es un espacio corpóreo (p. 79).

Concluye luego que sólo cabría la posibilidad de que la repulsión estuviera “en razón inversa a los espacios corporales que cada uno de [los] puntos ocupa dinámicamente”, lo que equivale a decir, según creía Kant, que la ley de la fuerza de repulsión actuaría “en razón inversa al cubo de sus distancias [infinitesimales], aun cuando ellas no pueden ser construidas” (p. 79). Entonces, Kant resumiría su teoría de las fuerzas fundamentales de la siguiente manera: “La atracción originaria de la materia actuaría en razón inversa al cuadrado de las distancias en todo el espacio; y la expansión originaria [actuaría] en razón inversa al cubo

de las distancias en los espacios infinitesimalmente pequeños” (p. 79), lo que muestra una total coincidencia con su teoría de las fuerzas de 1756.

La dimensionalidad del espacio en los Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza

Tanto la ley de la inversa del cuadrado, que rige la fuerza atractiva, como la ley de la inversa del cubo, que según Kant rige la fuerza repulsiva, llevan en sí la información sobre la dimensionalidad del espacio. Esto es, ambas leyes dependen de cuántas dimensiones espaciales existen, y muy otras serían esas leyes si el espacio fuera, por ejemplo, tetradimensional o pentadimensional. Mientras que la ley de la inversa del cuadrado es tal porque es precisamente como el cuadrado de la distancia que las superficies esféricas crecen, la ley de la inversa del cubo es propuesta por Kant, aunque siguiendo un razonamiento erróneo, debido a que la materia llena un espacio que es tridimensional, *i.e. que tiene $n=3$ dimensiones*, por lo que 3 ha de ser la potencia inversa de la ley (*i.e.* el cubo de la distancia). Kant pensaba que, dado que la fuerza repulsiva actúa dentro de la materia, y dado que todos los puntos de ese volumen deberían actuar repulsivamente, entonces el cubo era la potencia adecuada.

El argumento de que la tridimensionalidad del volumen que un cuerpo llena implica la potencia cúbica de la inversa de la distancia es errónea. No contaba aún Kant con la ley de Gauß, que rápidamente lleva a cualquiera que tenga conocimientos de cálculo a concluir que, siguiendo el mismo argumento de Kant, pero empleando la matemática adecuadamente, uno arribaría a un resultado distinto: adentro de la materia, la ley aumentaría con una potencia lineal en lugar de disminuir con el cubo de la distancia. Esto se debe a que, mientras las fuerzas disminuyen como el cuadrado de la distancia para preservar el flujo (el *quantum* del que Kant hablaba) el volumen aumenta con el cubo de la distancia, lo que resultaría en que un cuerpo de densidad uniforme realizaría dentro de él una fuerza directamente proporcional al centro de acción elegido: si la fuerza decae como el cuadrado de la distancia pero, a su vez, al estar en el seno de la materia misma los volúmenes aumentan con el cubo de la distancia dejando dentro de sí cada vez más materia generando la fuerza, entonces la fuerza debería crecer de forma proporcional al radio de las esferas de acción en cuyo centro se encuentra el centro de masa de la materia actuante. Kant jamás advirtió este error suyo, en el que incurre en 1756 y nuevamente en 1786. Básicamente, su error se debió a su desconocimiento del cálculo; más precisamente, integró incorrectamente. Se trató de un error simple que, seguramente, no habrían cometido otros de sus contemporáneos, e incluso no habrían cometido científicos anteriores como Newton y Leibniz.

Hoy sabemos que las fuerzas de repulsión son fuerzas efectivas que, aunque de un origen eléctrico, dependen del apantallamiento producido por la estructura atómico-molecular de la materia. De todos modos, la teoría de Kant realizaba ciertas intuiciones correctas. Su intuición como físico era más fuerte que sus dotes como matemático. La fuerza que decae como la inversa del cubo exhibe un decaimiento más acentuado que la fuerza de atracción, que decae con la segunda potencia de la distancia. Esto, de alguna manera, expresa que las fuerzas de repulsión de la materia son de más corto alcance. En varias partes Kant insiste en aclarar que las fuerzas de repulsión actúan sólo a distancias infinitesimales, *i.e.* en contacto, aunque no supo cómo expresar eso matemáticamente. Por ejemplo, escribió:

[C]uando se dice: las fuerzas repulsivas de las partes de la materia que se repelen inmediatamente están en razón inversa al cubo de sus distancias, esto sólo quiere decir que ellas están en razón inversa a los espacios corpóreos [*i.e.* espacios físicos] que se piensan encontrar entre las partes, las cuales, no obstante, están en contacto directo y cuyos intervalos, por esta razón, deben ser designados como infinitamente pequeños para que sean distinguidos de cualquier distancia real (p. 81).

También resulta acertada su intuición de que la razón de la forma de la materia, atributo de la substancia, se encuentra en la competencia entre fuerzas repulsivas y atractivas. Podemos pensar, por ejemplo, en los modelos efectivos del núcleo atómico que uno considera en física nuclear, donde la fuerza fuerte, fuerza cohesiva de un alcance exponencialmente corto, sostiene la enorme repulsión eléctrica entre los protones manteniendo así la forma del núcleo. Podemos pensar también en las estrellas, que son aún más parecidas a la física que Kant imaginaba: su enorme fuerza gravitatoria, fuerza atractiva que satisface la ley de la inversa del cuadrado, limita la fuerza expansiva que nace de las reacciones termonucleares que tienen lugar en las entrañas de esas enormes bolas de gas ardiente.

Kant mismo advertía que su teoría para la fuerza repulsiva de la materia encontraba, además de la dificultad de realizar matemáticamente la acción por contacto, otros problemas. Por ejemplo, su teoría parecía no coincidir con las rudimentarias teorías físicas que en esa época se tenían para los gases. Escribe: “De la ley referente de repulsión [...] en razón inversa del cubo de sus distancias pequeñas se sigue necesariamente una ley de la expansión y de la compresión, enteramente distinta a la de Mariotte [para el aire]” (p. 82). Se involucra entonces Kant con la teoría de los gases, con el calor, con la vibración de las partes del cuerpo y la transmisión de esa vibración entre diferentes partes, para terminar por confesar lo siguiente:

Aún yo declaro que no quiero que la presente exposición de la ley de una repulsión originaria sea considerada como perteneciente necesariamente al proyecto de mi estudio metafísico de la materia, ni que este estudio [...] sea confundido con las controversias y las dudas que podrían perjudicar al primero (p. 82).

Vemos aquí, nuevamente, el típico movimiento de cautela que realiza Kant cuando se preocupa de que cierta parte de sus afirmaciones, usualmente la parte más especulativa de ellas, queden al margen y no

pongan en riesgo el resto de su estudio. Vemos aquí que incluso en su estilo encontramos estos rasgos de continuidad. Estas notas de cautela por parte de Kant no sólo aparecían en su obra temprana sino también en su madura y meditada obra del período crítico.

El principio general de la dinámica de la naturaleza

En su *Anotación general sobre la dinámica* (AA 04, 523, 18 ss.; *MAN*, Kant 1991 [1786], p. 83), Kant enuncia su principio general de la dinámica de la naturaleza, que consiste en que “toda la realidad de los objetos [*Gegenstände*] de los sentidos externos que no sea una simple determinación de espacio [...] debe ser considerada como fuerza motriz”. Vemos aquí nuevamente una vieja idea kantiana regresar: la fuerza como constituyente del mundo. De esta manera, dice Kant, “la pretendida solidez o la absoluta impenetrabilidad son eliminadas de la ciencia de la naturaleza como conceptos vacíos y [son] reemplazadas por la fuerza repulsiva”. A esa fuerza se suma la atractiva, fuerza “verdadera e inmediata [...] necesaria de por sí para la posibilidad del concepto de materia” (p. 83).

Sobre las ideas absolutas que son eliminadas de la ciencia de la naturaleza por tratarse de conceptos vacíos, Kant escribe el que probablemente sea el pasaje literariamente mejor logrado de *Principios metafísicos*:

El vacío absoluto y la densidad absoluta de la teoría de la naturaleza corresponden aproximadamente a lo que en la filosofía metafísica son el ciego azar y el ciego destino; es decir, una barrera para la razón dominante con el fin de que la fantasía ocupe su lugar, o se la deje descansar sobre la almohada de las cualidades ocultas (pp. 96-97).

Es precisamente en relación con el espacio vacío que la discusión le exige a Kant a expresar con concisión apreciable su jerarquía ontológica. Kant define el espacio vacío como aquél en el que la materia no actúa en virtud de sus fuerzas expansivas, y esto sugiere ya la primacía de la fuerza, en cuanto es en términos de esta que incluso la propiedad del espacio de estar vacío es expresable. Al tratar cuestión de la legitimidad de la idea de espacio vacío en el mundo, Kant expresa su jerarquía ontológica entre espacio, fuerza y materia: la posibilidad de la misma [admisibilidad del espacio vacío] es indiscutible. “Dado que se requiere del espacio para todas las fuerzas de la materia, y dado que este contiene también las condiciones de las leyes de propagación de aquellas [fuerzas], se presupone [el espacio] necesariamente antes que toda materia”, (Kant 1968 [1786], p. 99; cf. Kant 2017 [1786], p. 47). Esta es, precisamente, la forma correcta de interpretar la jerarquía ontológica entre espacio, fuerza y materia expresada en *MAN*, la que defendimos desde el comienzo de este artículo y la que, asimismo, a diferencia de otras interpretaciones que se han ofrecido, no se encuentra en tensión con el contenido de la *Crítica*.

Bibliografía

- Kant, I. (1900), *Gesammelte Schriften*. Ed. vol. 1-22: Preussische Akademie der Wissenschaften; vol. 23: Deutsche Akademie der Wissenschaften zu Berlin; a partir de vol 24: Akademie der Wissenschaften zu Göttingen. Berlin 1900 ss.
- Kant, I. (1749), *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte*, Martin Eberhard Dorn, Königsberg.
- Kant, I. [1756], *Monadologiam Physicam*, en la edición académica de las *Obras de Kant*, editadas por Kurd Lasswitz I, pp. 475-487.
- Kant, I. (1786). *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, Riga.
- Kant, I. (1900) [1786], *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, von Pfeffer, Leipzig.
- Kant, I. (1909) [1786], *Immanuel Kants kleinere Schriften zur Naturphilosophie*, Zeite Auflage, Leipzig, Verlag der Dürr'schen Buchhandlung.
- Kant, I. (1977) [1786], *Schriften zur Naturphilosophie*, Werkausgabe Band IX, editado por Wilhelm Weischedel, Suhrkamp taschenbuch wussenschaft.
- Kant, I. (1989) [1786], *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* (traducción de C. Másmela), Alianza Editorial.
- Kant, I. (1991) [1786], *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* (traducción de J. Aleu Benítez), Tecnos.
- Kant, I. (1993) [1804], *Opus postumum* (traducido por Eckart Förster y Michael Rosen), Cambridge University Press.
- Kant, I. (1997) [1786], *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, Felix Meiner Verlag, Hamburg.
- Kant, I. (2004) [1786], *Metaphysical foundations of natural science*, (traducción de Michael Friedman) Cambridge.
- Kant, I. (2015) [1749], *Thoughts on the true estimation of living forces and assessment of the demonstration that Leibniz and other scholars of mechanics have made use of in this controversial subject, together with some prefatory considerations pertaining to the force of bodies in general* (traducción de J. B. Edwards and M. Schönfeld del *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte* en Watkins 2015).
- Kant, I. (2016) [1755], *Universal natural history and theory of the heavens or essay on the constitution and the mechanical origin of the whole universe according to Newtonian principles* (traducción de O. Reinhardt para la edición de Cambridge University Press, 2015).
- Kant, I. (2017) [1786], *Metaphysical foundations of natural sciences*, Jonathan Bennett.
- Friedman, M. (1992), *Kant and the Exact Sciences*, Harvard University Press.

- Pissis, J. (2019), *The concept of nature in Kant's Metaphysical Foundations of Natural Science*, incluido en *Natur und Freiheit, Akten des XII. 12º Congreso Internacional Kant "La naturaleza de la libertad"*, en la Universidad de Viena, septiembre 21-25, 2015; volumen de la conferencia Ed. V.L. Waibel, M. Ruffing y D. Wagner, De Gruyter.
- Smith, S. (2013), "Kant's picture of monads in the Physical Monadology", *Studies in History and Philosophy of Science A* 44, 1, pp. 102-111.