

Apriorismo en la teoría de la relatividad (Respondiendo a Schlick)

Apriorism in Theory of Relativity (A Response to Schlick)

Juan CANO DE PABLO

Resumen

A la teoría de la relatividad se la ha considerado una teoría empírica. Sobre esta interpretación se ha preconizado el triunfo del empirismo sobre cualquier otra concepción filosófica. Moritz Schlick vaticinó que no se podrían encontrar los principios sintéticos *a priori* de esta ciencia porque tal cosa no existía. Este artículo demuestra no ya sólo que se pueden encontrar, sino que ya estaban en posesión de Kant. La introducción de algunas pocas precisiones nos bastará para adaptar a la teoría de la relatividad tan preciados principios.

Palabras clave: espacio, tiempo, conocimiento, experiencia, metafísica, juicios sintéticos *a priori*, principios del entendimiento, leyes del movimiento, intuición, concepto, categorías, geometría.

Abstract

Theory of Relativity has been considered as an empiric theory. On this interpretation, the victory of the empiricism has been praised over any other philosophical conception. Moritz Schlick predicted that the *a priori* synthetic principles of this science could not be found, since such a thing did not exist. This article demonstrates not only that they can be found, but they was already in possession of Kant.

The introduction of some few precisions will be enough to adapt the Theory of Relativity to so valuable principles.

Keywords: space, time, knowledge, experience, metaphysic, synthetic *a priori* judgements, Principles of the Understanding, laws of movement, intuition, concept, categories, geometry.

Los partidarios del empirismo ven en la teoría de la relatividad la confirmación de sus sospechas. Según éstos, cabría decir parafraseando a Kant, que el conocimiento no sólo comienza con la experiencia sino que también se origina en ella. De esta manera se excluye el apriorismo del conocimiento, no en vano Moritz Schlick y Rudolf Carnap definen el empirismo como el punto de vista según el cual lo sintético *a priori* no existe.¹

En virtud de la aplicación einsteiniana de una geometría no euclidiana en física, la geometría pasa a considerarse una ciencia experimental. El espacio y el tiempo se unen en un solo concepto tetradimensional. Como dijo Minkowski en la conferencia pronunciada en Colonia el 21 de septiembre de 1908:

¡Señores! Las ideas de espacio y tiempo que quiero presentar ante ustedes han crecido en el suelo de la física experimental. En ello radica su fuerza. Son radicales. A partir de este momento el espacio y el tiempo por sí mismos quedan condenados a desvanecerse en meras sombras, y solamente una especie de unión entre ambos conservará su independencia.²

A la luz de estas breves pero contundentes afirmaciones, sólo cabría decir que la epistemología empirista ha sido la vencedora en la larga pugna por conocer como conoce el conocimiento, válganos la redundancia.

Sin embargo, la filosofía consiste, más que en dar soluciones, en dudar de las soluciones dadas. Por eso continuamos leyendo la conferencia de Minkowski con gran interés para ver a que experimentos se refería en sus palabras iniciales. Pero, para nuestra sorpresa, no encontramos referencias a experimentos ni entendimos, por tanto, a que suelo experimental se estaba refiriendo.³ Sentimos en ese momento como nuestro aquel aforismo de Nietzsche que en *Mas allá del bien y del mal* decía: “Estoy anonadado, no porque me hayas mentido, sino porque ya no puedo

¹ Cfr: Carnap, R., *Fundamentación lógica de la física*. Ed. Sudamericana, Buenos Aires, 1969, p. 241.

² Minkowski, H., *Nachrichten der Königlichen Gessellschaft der Wissenschaft und der Georg-August Universität zu Göttingen, Mathematisch-physikalische Klasse* 53-111.

Lorentz, Einstein, Minkowski, *Das Relativitätsprinzip*, Stuttgart, Teubner, 1982, p. 54.

³ Cfr: Sánchez Ron, *el origen y desarrollo de la relatividad*, Madrid, Alianza, 1983, p.101.

creerte”. Actuando más por el impulso que por la razón, nos pareció asistir a la afrenta, no ya de un individuo, sino de toda su familia empirista. Y como si los empiristas fueran los Montesco nos pusimos a revisar de que manera los neokantianos Capuleto (Kantpuleto en este caso) respondieron a provocación semejante.

1. Breve exposición de las posiciones Neokantianas

Un argumento común a la mayoría de los filósofos neokantianos es el del salto epistemológico existente entre el conocimiento y sus condiciones de posibilidad. Como dijo Sellien,⁴ nunca se podrá poner en duda desde una teoría física la ontología que la fundamenta. O si se prefiere, Kant fundamenta el conocimiento genérico y por tanto ha de valer para los conocimientos específicos, como dijo Elsbach.⁵ Es más, para autores como Natorp la teoría de la relatividad no sólo no contradice a la crítica de la razón pura, sino que la corrobora.⁶

Algunos autores niegan que Kant diera estructura al espacio, por lo que éste no es euclídeo ni no euclídeo. Para ello se apoyan en algunos textos de Kant en los que se baraja la posibilidad de hacer geometrías diferentes a la tradicional. Sírvanos como muestra este par de citas:

La imposibilidad que percibimos en nosotros mismos para figurarnos un espacio de más de tres dimensiones, me parece estribar en que nuestra alma recibe igualmente las impresiones externas según la ley de la doble relación inversa de las distancias, y en que su naturaleza misma está hecha de modo que no sólo sufre, sino que actúa fuera de sí de esta manera.⁷

Dios pudo elegir otra en vez de ella [se refiere a la Ley de Gravitación Universal], por ejemplo la de la proporción inversa al cubo; que, por último, de una ley diferente, habría resultado una extensión con otras propiedades y dimensiones. [...] Una ciencia de todos estos posibles tipos de espacio sería sin duda la geometría suprema que un entendimiento finito pudiera establecer.⁸

Un argumento interesante es el que pretende resurgir la geometría euclidiana de sus cenizas, por así decir. Se da la circunstancia de que las superficies curvadas pueden ser tratadas como planos si los tomamos infinitesimalmente, pues bien, en estos

⁴ Cfr. Sellien, E., “Die erkenntnistheoretische Bedeutung der Relativitätstheorie”, *Kantstudien*, Ergänzungsheft n° 48, Berlín, 1919, pp. 1-59.

⁵ Cfr. Elsbach, A. C., *Kant und Einstein*, Berlín-Leipzig, Walter de Gruyter, 1924.

⁶ Cfr. Natorp, P., *Die logische Grundlagen der exakten Wissenschaften*, Leipzig, Teubner, 1910.

⁷ *La verdadera manera de calcular las fuerzas vivas*, § 10.

⁸ Ak., I, 24.

planos infinitesimales vale la geometría euclidiana. Este argumento está ya en Natorp y en Cassirer, pero el que más lo trabajó fue Karl Bollert.⁹ Podríamos decir que las geometrías no euclidianas son analíticas en su especie pero sintéticas *a priori* en su género, y ya se sabe, todo lo que se afirma del género...

J. E. Wiredu distinguió en la década de los 70 tres tipos de geometría. Dos de ellas son la geometría matemática y la geometría física de las que habla Carnap en su *Fundamentación lógica de la física*,¹⁰ lo novedoso es que a éstas añade una primera forma pura en la que se encontraría inserta la fundamentación kantiana.

Pero uno de los argumentos centrales que va a regir nuestras consideraciones apareció ya en un breve artículo de E. Adam titulado “Zur erkenntnistheoretischen Bedeutung des Relativitätsprinzips”.¹¹ En él se decía que el principio de relatividad es un juicio sintético *a priori* porque sin proceder de la experiencia sirve para enlazar los fenómenos de la experiencia posible. En efecto, una diferencia considerable entre Hendrik Antoon Lorentz y Einstein es que para éste el principio de relatividad es un postulado, mientras que para aquél no lo era.¹²

[Nos vemos conducidos] a la conjetura... de que... para todos los sistemas de coordenadas en los que las ecuaciones mecánicas son válidas [sistemas de referencia inerciales], también lo serán las mismas leyes de la electrodinámica y de la óptica... elevaremos esta conjetura (cuya sustancia será llamada a partir de ahora “principio de relatividad”) a la categoría de un postulado...¹³

Pero la teoría de la relatividad especial se deriva también de otro principio: el postulado de la constancia de la velocidad de la luz. Este postulado es también, y por idénticos motivos que el anterior, un juicio sintético *a priori*. Se dirá que la velocidad de la luz es un dato empírico, lo cual es cierto, pero Einstein no manifiesta solamente eso en él. Dicho postulado expresa que en la naturaleza no puede haber nada que se propague con mayor velocidad que la de la luz. Es como si circulando por las autopistas del espacio nos encontráramos constantemente con la señal de prohibido circular a más de 0,3 m/ns.

Ni que decir tiene que desde el bando empirista se intentará desmontar todos estos argumentos. Algunos autores cambiaron de parecer, podríamos hablar, por ejemplo, de un primer Carnap afín a Kant y un segundo Carnap neopositivista.

⁹ Bollert. K., *Einsteins Relativitätstheorie und ihre Stellung im System der Gesamterfahrung*, Dresde, Steinkopf, 1921, pp. 62-65.

¹⁰ Carnap, R., *Fundamentación lógica de la física*, Ed. Sudamericana, Argentina, 1969, cap. XVIII.

¹¹ *Kantstudien* 50 (1958-1959), pp. 405-408.

¹² Cfr. Sánchez Ron, *el origen y desarrollo de la relatividad*, Madrid, Alianza, 1983, p.62.

¹³ Cfr. Einstein, A., *Annalen der physik*, 18, 1905, pp 891-921. (Cita: p. 38 de la traducción inglesa).

Carnap, por cierto, nos habla de Poincaré en el capítulo XV de *La fundamentación lógica de la física*. En este capítulo nos explica que la teoría de la relatividad se puede reformular en clave euclidiana. La manera de obrar este prodigio consiste en introducir fuerzas que dilaten o contraigan los cuerpos y aplicando nuevas leyes en el campo de la óptica.

Otros autores, como Reichenbach, consiguen reconciliar a Kant con Einstein cambiando el sentido del término *a priori*.¹⁴ El precio a pagar, sin embargo, es demasiado alto puesto que elimina la apodicticidad implícita en el término kantiano. No obstante, Reichenbach lleva a cabo una reformulación de la teoría kantiana digna de tener en cuenta.¹⁵

Hay un importante autor que lanza su guante convencido que nadie lo va a recoger, al menos nadie en sus cabales. Nos referimos a Moritz Schlick. El reto consiste en lo siguiente:

Todo intento que pretenda reconciliar a Einstein con Kant, tiene que descubrir en la teoría de la relatividad principios sintéticos *a priori*; de lo contrario, habrá que considerarlo de antemano como frustrado, ya que ni siquiera ha sido capaz de penetrar en el planteamiento correcto del problema.¹⁶

Así que comportándonos como si fuéramos aquel caballero (kantballero en este caso) andante conocido como Don Quijote de la Mancha nos embarcaremos en esta anacrónica y desigual batalla. Batirémonos cual duelistas, más que con Schlick, con la *Doctrina trascendental del Juicio* y con la teoría de la relatividad y acometeremos la empresa de buscar nuestra ínsula Barataria, en la que se encuentran los anhelados juicios desfaceadores de entuertos. Comencemos, mas no sin antes encomendarnos a nuestra esquivia Julieta, la cual se encuentra echizada por un curioso Montesco con el corazón preso de ideas neokantianas.

2. Los principios sintéticos *a priori* de la teoría de la relatividad

La tesis kantiana parte de una doble raíz en el conocimiento. Todo juicio se compone de intuiciones y conceptos. Si queremos elaborar juicios sintéticos *a priori* tanto las intuiciones como los conceptos han de ser puros.

¹⁴ Reichenbach, H., *Die philosophische Bedeutung der Relativitätstheorie*, Braunschweig-Wiesbaden, Vieweg & Sohn, 1979.

¹⁵ Para un análisis pormenorizado de la polémica entre neokantianos y empiristas remito al lector al libro de Agustín González Ruiz *La nueva imagen del mundo. El impacto filosófico de la teoría de la relatividad*, Akal · Hipecu, Madrid, 2003.

¹⁶ Schlick, M., "Kritizistische order empiristische Deutung der neuen Physik?", *Kantstudien* 26, 1921, p. 100.

Las intuiciones puras son el espacio y el tiempo. En este punto nos valdremos de Cassirer,¹⁷ para el cual la teoría kantiana puede ser salvada si atendemos solamente al espacio y al tiempo como formas puras de la intuición. De este modo, al hablar del espacio no presupondremos ya una u otra geometría.¹⁸

El espacio y el tiempo puros constituyen el necesario marco de referencia en el que la realidad física plasmará sus estructuras, son el papel en blanco en el que la naturaleza escribe sus frases.

La otra parte necesaria para componer un juicio es el concepto. Decíamos que estos conceptos tienen que estar exentos de toda sensación, no pueden ser empíricos sino *a priori*, tales conceptos, que no surgen de los sentidos sino del pensamiento, reciben el nombre de conceptos puros del entendimiento o categorías.

En la *Estética* Kant habla del espacio y del tiempo como formas puras de la intuición mas no como intuiciones puras. Será en la analítica trascendental donde enmiende este descuido y las considere intuiciones formales.¹⁹ El espacio y el tiempo como intuiciones puras requieren, como toda intuición, una unificación de su multiplicidad, tal unificación se da en el entendimiento, es su *unidad sintética*. Por eso dice Kant que toda síntesis, mediante la cual incluso se posibilita la percepción misma, está bajo las categorías.²⁰

Por otro lado, el espacio y el tiempo como formas puras de la intuición determinan cómo han de aparecérsenos los objetos. Son las formas de los fenómenos. El espacio es la forma de los fenómenos del sentido externo, mientras que el tiempo es la forma de todos los fenómenos, tanto internos como externos. El tiempo cuenta con esa superioridad respecto al espacio. La superioridad del tiempo hace que pueda existir la geometría analítica y sus posteriores avances como los mundos virtuales generados por ordenador.

Kant quería evitar que las categorías se aplicaran a ideas de la razón carentes de referente empírico y no a objetos de la sensibilidad. Para evitar tal equívoco, denominado *ilusión trascendental*, Kant introduce un elemento mediador que haga posible el paso de lo sensible a lo intelectual. Ese elemento medianero es el esquema de la imaginación. Kant lo define como una determinación trascendental del tiempo. Los esquemas representan una determinación trascendental del tiempo por cada categoría, garantizando el uso correcto de las categorías y evitando de esta manera el principal error de la metafísica dogmática. Ahora bien, el esquema no hay que entenderlo como un mero añadido a la categoría, sino que la determinación trascendental de las categorías es algo intrínseco a ellas que, no obstante, puede ser aislado. En cualquier caso, las categorías deben modificar el tiempo para que se doten

¹⁷ Cfr. Cassirer, E., *Zur modernen Physik* pp. 67-115.

¹⁸ Cfr. Javier de Lorenzo, *Kant y la matemática*, Tecnos, Madrid, 1992, pp.38-39.

¹⁹ *Crítica de la razón pura* (B 160).

²⁰ *Crítica de la razón pura* (B 161).

de significado, limitando así su aplicación a lo que puede ser determinado temporalmente (esquemáticamente), siendo su deducción de la tabla lógica de los juicios posible en virtud de ello. La categoría pura, es decir, no esquematizada carece de valor cognoscitivo. Las categorías significan lo que dicen sus esquemas.

La superioridad del tiempo, unida a su doble condición de intuición pura formal y forma pura de la intuición, hace que sus determinaciones trascendentales sean los esquemas de los conceptos puros del entendimiento, efectuando así la subsunción de las apariencias bajo la categoría.

Que el tiempo se muestre como algo tan decisivo nos hace pensar en el riesgo de que el espacio se vuelva innecesario. Tal situación haría que cayésemos en el idealismo material. El idealismo material, también denominado idealismo empírico o idealismo psicológico, dice que la existencia de objetos en el espacio, es decir, fuera de nosotros mismos, es imposible, o cuando menos indemostrable. Kant lleva acabo en la *Crítica* (B 274) una *Refutación del idealismo*. La tesis es la siguiente:

La mera conciencia, pero empíricamente determinada, de mi propia existencia, demuestra la existencia de los objetos en el espacio fuera de mí.²¹

Tenemos, pues, que los principios del entendimiento puro son juicios sintéticos *a priori*. Éstos aportan universalidad y necesidad, por lo que son para la ciencia *conditio sine qua non*. Como juicios sintéticos se componen de intuiciones y conceptos y como *a priori* de intuiciones puras y conceptos puros.

Los juicios sintéticos se basan en un principio supremo. Este principio es la determinación esencial originaria del conocimiento humano y dice así:

Las condiciones de la *posibilidad de la experiencia* en general son al mismo tiempo condiciones de la *posibilidad de los objetos de la experiencia* y tienen por ello validez objetiva en un juicio sintético *a priori*.²²

Los principios del entendimiento puro, como juicios sintéticos *a priori* que son, se fundamentan en el principio que acabamos de enunciar. El conocimiento se cierra así sobre sí mismo. Cae necesariamente en un círculo del que sale fundamentalmente.²³

Los principios se dividen en dos grupos: principios matemáticos que determi-

²¹ *Crítica de la razón pura* (B 275).

²² En rigor, el principio dice: “todo objeto está bajo las unidades necesarias de la unidad sintética de lo múltiple de la intuición en una experiencia posible”, sin embargo hemos preferido esta otra formulación por su comprensión, a nuestro criterio, más intuitiva. Ambas en: *Crítica de la razón pura* (A 158/B 197).

²³ Cfr. Martin Heidegger, *La pregunta por la cosa*, Alfa Argentina, Buenos Aires, 1975, Parte II, punto 7-h. pp. 210-211.

nan las apariencias de los objetos empíricos y principios dinámicos que determinan la existencia de dichos objetos. Pero no nos dejemos engañar por sus nombres, son todos metafísicos. La metafísica, como dice Kant en el prólogo a los *Prolegómenos*,²⁴ consiste enteramente en este pensar *a priori* las conexiones de las cosas.

3. Formas intuitivo-perceptivas (principios matemáticos)

En estos principios no puede haber contradicción alguna con la teoría de la relatividad porque ésta los ha de suponer, son la condición de posibilidad de cualquier medida empírica. Los principios matemáticos no se preocupan del contenido empírico de los fenómenos, sino de sus formas *a priori*, es decir, se ocupan del espacio y del tiempo. Justifican la aplicación de la matemática a los fenómenos. Son principios constitutivos, se refieren a los fenómenos según su mera posibilidad poniendo las reglas de la síntesis matemática. Estos principios nos dicen cómo se encuentran los objetos en el espacio y en el tiempo, no se ocupan de la existencia o realidad efectiva de los fenómenos, sólo les atañe su forma. La forma del fenómeno es aquello que permite que la multiplicidad se pueda ordenar de acuerdo con ciertas relaciones. La materia del fenómeno es lo que en el fenómeno corresponde a la sensación.²⁵

Las cosas se mueven y ocupan un espacio, estos movimientos y estos espacios se pueden cuantificar. Los principios matemáticos se fijan en este aspecto, en el carácter matemático del cuerpo, y lo fundamentan. Los principios determinan el objeto previamente a la experiencia y con ello fundamentan la experiencia posible. Esto puede hacerse en virtud del principio supremo de los juicios sintéticos. Por eso, cada principio reflejará en su respecto el principio supremo que lo posibilita. Dentro de los principios matemáticos encontramos los axiomas de la intuición y las anticipaciones de la percepción.

Principios pre-geométricos (Axiomas de la intuición)

En el sistema kantiano los principios sintéticos *a priori* inmediatamente ciertos (axiomas) solamente se pueden dar en la intuición, por ello la teoría de la relatividad tendrá que presuponerla necesariamente si quiere tener una fundamentación ontológica. Los axiomas de la intuición no son axiomas sino los principios que posibilitan la aplicabilidad de los axiomas de la geometría al espacio físico. Los axiomas de la intuición se refieren a los fenómenos como intuiciones. “Los fenómenos

²⁴ *Prolegómenos a toda metafísica futura que haya de poder presentarse como ciencia* (1783).

²⁵ Cfr. *Crítica de la razón pura* (A 20/B 34).

en tanto que intuiciones se dan en el espacio, son extensos”.²⁶ Una magnitud extensiva es aquella que tiene partes diferenciadas o diferenciables. Por tal motivo podemos determinarlas según un patrón, es decir, medirlas. El fenómeno es algo mensurable (quantum), la medida (quantitas) de lo medible del fenómeno es la cantidad y ésta es un concepto puro del entendimiento. El espacio y el tiempo son magnitudes continuas (quanta continua). El espacio, que es lo que ahora nos interesa, es la forma pura de la intuición, además de una intuición pura, eso significa que es lo que posibilita el lugar para que se den los objetos. Podemos pensar el espacio sin objetos, pero no los objetos sin espacio, dice Kant. El espacio es lo que hace posible, junto con la cantidad, que concibamos *a priori* a los fenómenos como magnitudes extensivas.

Principios perceptivos (anticipaciones de la percepción)

Las anticipaciones de la percepción tienen que estar presentes en la teoría de la relatividad por los motivos que argüimos para los anteriores principios. Éstas nos dicen que

en todos los fenómenos lo real que es tal como se aparece el objeto independientemente de su existencia, tiene una magnitud intensiva, es decir, algún grado.²⁷

En cierto sentido todos los principios del entendimiento puro son anticipaciones. Pero en este caso, la percepción que aquí se anticipa se refiere a una curiosa propiedad de los fenómenos que puede ser conocida *a priori*.

En este tipo especial de anticipaciones tratamos de la percepción, de las aprehensiones, de aquellas representaciones de las que tenemos conciencia.²⁸ Estas representaciones pueden existir o no, eso ahora no nos interesa, ahora sólo nos importa su realidad, esto es, su contenido quiditativo, la quididad, la essentia, la res, la realitas phaenomenon. Se trata de establecer la génesis diferencial de la realidad del objeto fenoménico.

De esta forma apreciamos que la magnitud extensiva es la qualitas, la medida de un conjunto de agregados, la medida de la magnitud en definitiva; mientras que la magnitud intensiva es la quantitas de una qualitas, como lo que mide el brillo de la superficie de los objetos. Esta medida de la cualidad se denomina intensidad. La intensidad es, pues, el grado de energía de una superficie o de un volumen, siendo

²⁶ Hemos modificado ligeramente este enunciado para que sea más nítido el contenido del mensaje kantiano. Cfr. *Crítica de la razón pura* (A 162/B 202).

²⁷ Hemos modificado ligeramente este enunciado para que sea más nítido el contenido del mensaje kantiano. Cfr. *Crítica de la razón pura* (A 166/B 207).

²⁸Cfr. *Crítica de la razón pura* (A 320/B 376).

el brillo la intensidad lumínica o grado de luminosidad. Todo fenómeno se nos presenta con una cierta intensidad, incluso los que no existen. La posibilidad de medir la intensidad de los fenómenos puede ser un buen criterio para diferenciar los objetos que no existen, tales como alucinaciones o sueños, de los verdaderamente existentes.

Las magnitudes extensivas se diferencian de las magnitudes intensivas fundamentalmente en que las primeras son captadas como agregados de partes, mientras que las segundas son captadas de una vez, por así decir. Debido a esto no podemos hablar de unidades de medida separadas, como en el caso de las magnitudes extensivas, sino que debemos tomar la intensidad como un todo compuesto de unidades pero sin partes diferenciadas. Las unidades que miden la intensidad reciben el nombre de grados, siendo el cálculo infinitesimal el instrumento que posibilita su manejo.

Es curioso como las magnitudes intensivas se multiplican sin dividirse, mientras que las extensivas se dividen al multiplicarse. Un mismo sonido es susceptible de ser captado por muchos con la misma intensidad, mientras que una tarta al ser repartida se divide en función de sus comensales. Todo código restringe esta propiedad de las magnitudes intensivas. Es complicado impedir que una señal mecánica o electromagnética llegue sólo a ciertas personas, siendo comparativamente más sencillo hacer que sólo las personas que entiendan ese código puedan disfrutar de esa información.

Si nos fijamos con atención en los principios matemáticos nos percataremos de que expresan el principio supremo de los juicios sintéticos. En ellos, las condiciones bajo las cuales se nos muestran los fenómenos, sus determinaciones cuantitativas y cualitativas, son, al mismo tiempo, las condiciones de aparición de los fenómenos mismos.

4. Fuerza y existencia

Hasta aquí no ha habido que introducir modificaciones en la doctrina kantiana, pero en este segundo grupo de principios nos es necesario hacerlo. En concreto será en las *Analogías de la experiencia*, quedando intactos los *Postulados del pensamiento empírico*. Tales modificaciones van a afectar a ciertos conceptos, pero no así a la estructura profunda de los principios kantianos. En todo caso el lector juzgará el valor que merece tal reformulación.

Los principios dinámicos toman el objeto como fuerza (*dynamis*). La fuerza determina la existencia del objeto. Mediante la síntesis matemática nada podíamos decir *a priori* de la existencia del fenómeno, por eso se requieren estos principios, aunque su valor, a diferencia de los principios matemáticos, sea regulativo y no

constitutivo. “No obstante, dichos principios dinámicos son constitutivos en relación a la *experiencia*, puesto que hacen posible *a priori* los *conceptos*, sin los cuales no hay experiencia alguna”.²⁹

Realizaremos una exposición sucinta de ambos grupos de principios para inmediatamente centrarnos en la parte más problemática, es decir, en la revisión de las *Analogías de la experiencia*.

Relaciones objetivo-temporales (Analogías de la experiencia)

Lo que Kant llama analogía es una relación entre relaciones. Estas relaciones son cualitativas y se dan entre elementos heterogéneos a diferencia de las analogías matemáticas. Por eso la analogía solamente nos da conocimiento de la relación entre algo de existencia conocida y algo de lo que desconocemos su existencia. Las analogías de la experiencia relacionan el fenómeno con la experiencia posible o naturaleza para determinar su existencia. Nada podemos decir *a priori* de la existencia de un objeto, sin embargo contamos con estos principios para decantarnos acerca de su posible existencia. Esto es posible porque las analogías de la experiencia relacionan el objeto sobre el que queremos pronunciarnos con otros de cuya existencia sabemos. Nos dicen cómo debe ser aquello de lo que no tenemos conocimiento por analogía con lo dado.

Aquello que permite relacionar el objeto que nos interesa con los demás objetos de la experiencia es el tiempo. Debido a la superioridad del tiempo como forma de todos los fenómenos en general, toda existencia está en relación con él. Los fenómenos pueden relacionarse con el tiempo de tres maneras: como permanentes, como sucesivos o como simultáneos; de ahí que tengan tres analogías: permanencia de la sustancia, principio de causalidad y comunidad o acción recíproca. Estos principios serán vistos más tarde con mayor detenimiento, ahora bástenos solamente recordar que el espacio y el tiempo *a priori* carecen de estructura.

Modos subjetivo-existenciales (Postulados del pensamiento empírico)

El cuarto grupo de categorías, junto con el espacio y el tiempo, da lugar a los *Postulados del pensamiento empírico*. Estos principios se denominan así porque carecen de prueba. Son postulados porque se necesitan para ver cómo se relaciona el objeto con la facultad humana de conocer. Se trata de principios subjetivamente sintéticos. En ellos se habla de los modos de ser del objeto, es decir, de sus posibles modos de existencia. Para Kant la existencia no es un predicado real, por eso este cuarto grupo se diferencia de los tres anteriores al no hablar de la quiddidad del obje-

²⁹ *Crítica de la razón pura* (A 664/B 692).

to sino de su existencia fáctica. Al no pertenecer a la realidad del objeto carecen de prueba, sin embargo pertenecen a la esencia misma de la experiencia. La experiencia es la medida de los modos de ser del objeto. Estos principios nos dicen qué tiene que cumplir el objeto para determinarse como posible, existente o necesario; que son los modos de relación del objeto con nuestro conocimiento.

El principio de la posibilidad dice:

Lo que conviene con las condiciones formales de la experiencia (según la intuición y los conceptos) es posible.³⁰

El principio de la realidad fáctica, efectiva (existencia) se formula así:

Lo que está en conexión con las condiciones materiales de la experiencia (sensación), es decir, lo que sea percibido por la sensación y enlazable en la unidad del conocimiento existe realmente.³¹

El principio de la necesidad reza:

Aquello cuya conexión con lo real está determinada según conexiones universales de la experiencia es (existe) necesariamente.³²

Vemos, pues, que un objeto es posible si cumple las condiciones de la experiencia. Un objeto existe si además de cumplir estas condiciones podemos percibirlo bien inmediatamente, bien mediatamente a través de su conexión con alguna percepción efectivamente real de acuerdo con las analogías de la experiencia. Finalmente un objeto es necesario si cumple el tercer principio, ahora bien, tal principio sólo se cumple gracias al principio de causalidad. Sólo podemos inferir necesariamente la existencia de los estados de las cosas (no de las cosas en cuanto sustancias) como efecto de la existencia de una causa y/o viceversa. Es de rigor señalar que en virtud de la *necesidad* del discurso kantiano este postulado manifiesta la clave del fundamento de la filosofía crítica. Estamos ante una *necesidad hipotética o condicionada*. “Todo cuanto sucede es hipotéticamente necesario”³³, pues de la cosa sólo conocemos *a priori* lo que nosotros hemos puesto. Los principios del entendimiento son posibles en virtud de lo que ellos mismos posibilitan: la experiencia posible. Este último principio revela así el sentido del principio supremo de

³⁰ *Crítica de la razón pura* (A 218/B 265).

³¹ Hemos modificado ligeramente este enunciado para que sea más nítido el contenido del mensaje kantiano. *Cfr. Crítica de la razón pura* (A 218/B 266).

³² *Crítica de la razón pura* (A 218/B 266).

³³ *Crítica de la razón pura* (A 228/B 280).

los juicios sintéticos: La experiencia solamente es posible en virtud de la representación de una condición *necesaria* de las representaciones.

El principio de la necesidad se subdivide en otros cuatro³⁴ que dan lugar a las leyes *a priori* en las que se ha basado la física hasta la aparición de la mecánica cuántica:

1. *In mundo non datur hiatus* (En el mundo no hay cortes): Consecuencia de las categorías de la cantidad. Constituye una especificación del principio de continuidad.

2. *In mundo non datur saltus* (La naturaleza no da saltos): Consecuencia de las categorías de la cualidad. Expresa la necesidad en la idea de la continuidad.

- “El principio [de la continuidad] puede enunciarse, pues así: nada que exhiba un vacío o simplemente lo tolere como parte de la síntesis empírica puede entrar en la experiencia”.

3. *In mundo non datur casus* (Nada sucede por ciego azar): Consecuencia del principio de causalidad. Einstein lo expresaba con su famosa expresión: “Dios no juega a los dados”.

4. *In mundo non datur fatum*: Pertenece a los principios de la modalidad y dota de necesidad al anterior principio. Es el principio que expresa la necesidad condicionada o hipotética.

Cuentan que cuando Einstein vio que la mecánica cuántica rompía con estos principios clásicos manifestó que si dicha mecánica estaba en lo cierto más le hubiera valido dedicarse solamente a tocar el violín.

5. Analogías de la experiencia y leyes del movimiento

Una vez expuestos sucintamente los principios del entendimiento puro, nos centraremos en un solo grupo de principios: las *Analogías de la experiencia*. Ellas son el fundamento metafísico de las leyes de la mecánica newtoniana, requieren, por tanto, ser modificadas. Dichas modificaciones no afectarán a su enunciado, serán simples precisiones acerca de su contenido.

El fundamento de la validez de estos principios lo pone Kant en la unidad de la apercepción con respecto a toda conciencia empírica posible en cada tiempo. Recordemos que estos principios surgen de las diferentes maneras de relación de los fenómenos con el tiempo. El “yo” es aquello que acompaña a mis representaciones, éstas, para poder ser percibidas han de ser múltiples ya que lo simple no se percibe

³⁴ Cfr. *Crítica de la razón pura* (A 228/B 280 – A 229/ B 281). Cfr. Julián Carvajal Cordón, *El problema de las categorías y la ontología Crítica en Kant*, Editorial de la Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1988, pp. 677- 678.

porque la conciencia intuye la sucesión y ésta presupone el tiempo. Simplemente para poder tener representaciones ha de haber algo que una la multiplicidad percibida. Las categorías son los conceptos básicos de las diferentes maneras de unión de lo múltiple, que junto con el espacio y el tiempo dan lugar a las leyes de la naturaleza. Dentro de las leyes de la naturaleza o principios del entendimiento puro, las analogías de la experiencia son las reglas de la determinación universal del tiempo a las que todas las determinaciones empíricas han de sujetarse.

El círculo se da constantemente porque es en la apercepción pura donde el “yo” se co-determina por las representaciones que él mismo permite. El “yo” es un “filtro” que deja pasar ciertas representaciones que son las que lo determinan, sin las cuales no es nada. El “filtro” consta del espacio y el tiempo y las categorías con sus correspondientes esquemas. Estos componentes forman los principios de la experiencia posible, lo que es posible saber *a priori* de las cosas.

Primer modo del tiempo

La primera analogía, también llamada principio de permanencia de la sustancia, de la constancia o de inherencia dice así:

En todo cambio de los fenómenos permanece la sustancia, y su cantidad (quantum) no aumenta ni disminuye en la naturaleza.³⁵

Es claro que los fenómenos se dan en el tiempo. El tiempo no varía, varía lo que se da en él. Pero el tiempo mismo no puede percibirse, sin embargo su permanencia se refleja en el sustrato del cambio, tal sustrato es la sustancia. El cambio sólo puede determinarse en relación a ella. Lo permanente puede sufrir alteraciones, mientras que lo mudable solamente varía. En la mecánica newtoniana las alteraciones indicaban la presencia de fuerzas, por eso los principios concernientes a la existencia de los objetos de denominan dinámicos. Para la teoría de la relatividad especial, en virtud del principio de equivalencia, la gravitación no es una fuerza sino el resultado de la estructura geométrica que la materia confiere al espacio. La materia también influye en el ritmo del transcurrir del tiempo. Ahora sí tenemos una estructura para el espacio, la que le proporciona la materia. Vistas así las cosas, la geometría que aplicaremos al espacio será aquella que mejor se adapte a los fenómenos variando ésta en función de la presencias de masas. En las regiones carentes de masa la geometría será euclídea, en las regiones con masas no lo será.

La sustancia como determinación del tiempo es también una determinación del espacio. Esto sucede porque la materia es la representación de la permanencia. La materia se da en el espacio y sólo el espacio está determinado de manera permanen-

³⁵ *Crítica de la razón pura* (A 182/B 224).

te, mientras que el tiempo fluye.³⁶ En la mecánica clásica la sustancia se traducía en la materia y ésta era sinónimo de la masa, para la teoría de la relatividad especial la materia no sólo va a ser masa, sino que va a constar de dos aspectos. La materia es masa, pero también es energía, para ser más exactos masa y energía son lo mismo.

Kant se planteaba que cuando observamos los objetos que nos rodean entendemos que no son sustancias propiamente dichas porque varían frecuentemente. Podemos pensar en la sustancia como pensaron los atomistas, es decir, como pequeños cuerpos indivisibles e invariables. Pero Kant no lo pensó así, no era partidario del atomismo. Kant pensó la sustancia como un continuo material que llena todo el espacio. La gran variedad de fenómenos se explicaría, pues, por la diferencia de intensidad de la presencia de materia en el espacio. Esta materia es una magnitud intensiva y por consiguiente tiene un grado, según decían las anticipaciones de la percepción. Al grado en que está lleno un espacio de volumen determinado Kant lo llamó *densidad*³⁷ (ρ). La densidad se puede definir como una función del espacio. El valor de la integral de volumen de esta función tiene que ser constante y, en la terminología newtoniana, se llama masa (M).³⁸

$$\rho(x,y,z) = \rho; dm = \rho dv; \int dm = \int \rho dv; M = \int \rho dv$$

El principio de conservación de la sustancia se cumple si la suma de las intensidades se mantiene constante en el tiempo ($\sum i = \text{cte.}$) mientras varía su distribución en el espacio. La intensidad en un espacio determinado es la densidad ($d = m/v$; $m/v = i$; $d = i$ en un espacio).

El principio de conservación de la sustancia es equivalente, como vemos al principio de conservación de la materia. Esta ley no fue formulada por Newton, pero estaba implícita en todo su sistema como un supuesto de la segunda ley. Vimos que la intensidad medía el grado de energía de una superficie o de un volumen. Ahora vemos que la cantidad de materia que hay en un volumen se comporta igual que la energía, al menos en este aspecto. En el siglo XIX se descubrió el principio de conservación de la energía que dice lo mismo pero cambiando el concepto de masa por el de energía. Es curioso cómo la masa fue tratada como una energía, como algo con un grado, aún sin sospechar que la masa no era diferente a la energía. Habrá que esperar hasta la teoría de la relatividad para conseguir relacionar masa y energía mediante la celeberrima fórmula $E = mc^2$. Newton entendió la masa como aquella materia a la que se imprime o se intenta imprimir un movimiento. La

³⁶ Cfr. *Crítica de la razón pura* (B 291).

³⁷ Ak., IV, 525

³⁸ Cfr. Roberto Torretti, *Manuel Kant. Estudio sobre los fundamentos de la filosofía crítica*, Ediciones de la universidad de Chile, Chile, 1967, p. 449.

masa es entendida como resistencia al cambio. A mayor masa mayor fuerza hay que ejercer. Si esto es así la fuerza será directamente proporcional a la masa, mientras que la aceleración será inversamente proporcional: $F = ma$, como dice la segunda ley del movimiento de Newton. Un cuerpo en reposo no tiene energía cinética, al contrario que un cuerpo en movimiento que sí la tiene. La $E_c = \frac{1}{2} mv^2$, como para la teoría de la relatividad la masa aumenta con la velocidad la energía cinética aumenta conforme aumenta la masa. Einstein amplió ésta identidad entre masa y energía cinética a las restantes formas de energía. Tenemos, por tanto que la masa es energía concentrada, o si se prefiere, la energía masa diluida.

Segundo modo del tiempo

Una vez establecida la permanencia de la sustancia en virtud de la relación del fenómeno con el tiempo como constante, podemos ver otras dos formas de relación del fenómeno con el tiempo, que son a la vez las relaciones temporales que se pueden dar entre los fenómenos. Estas relaciones son dos: sucesión y simultaneidad. Ocurre también que estas relaciones no pueden darse directamente con el tiempo porque el tiempo no se percibe, como ya dijimos. Estas relaciones de los fenómenos entre sí están gobernadas por las leyes *a priori* que se expresan en las analogías que nos faltan por ver.

La segunda analogía es el principio de la sucesión temporal según la ley de la causalidad, se denomina también: principio de causalidad, de la sucesión temporal o de la producción. Este principio dice así:

Todas las alteraciones suceden según la ley del enlace entre causa y efecto.³⁹

Hay que llamar la atención sobre el hecho de que este principio solamente requiere la intuición *a priori* del tiempo y no así la del espacio. Es evidente que si hablamos de sustancias tenemos que contar con el espacio, como hemos visto, pero para la pura conexión causal el espacio no es necesario.⁴⁰ Tanto la permanencia como la simultaneidad (como veremos) requieren un espacio, pero la sucesión es en lo que consiste el tiempo y no necesita de espacio alguno.

Esta ley impone un orden necesario a las percepciones constituyendo el objeto como tal. Ningún objeto puede existir sin ser efecto de otro anterior. Este proceso acaece de modo continuo, lo cual implica el principio de la magnitud intensiva, es decir, tiene que tener al menos un grado. Tal proceso puede no ser perceptible en virtud de una acción continua infinitamente pequeña (relación infinitesimal), ahora

³⁹ *Crítica de la razón pura* (A 189/B 232).

⁴⁰ Más adelante veremos que el intervalo espacial no permite la conexión causal ya que lo que no pueda darse en un intervalo temporal no pertenece a la experiencia posible.

bien, incluso en ese caso el proceso se sigue dando en el orden del tiempo (lógico) aunque no podamos percibir su curso (perceptivo). Así pues, cuando experimentamos que algo sucede presuponemos siempre que le antecede algo, a lo cual aquello sigue *conforme una regla*.⁴¹ Solamente conferimos significación objetiva a nuestras representaciones si las podemos conectar en un orden temporal coherente. El principio de causalidad dice cómo tiene que ser ese orden, regula la sucesión temporal. En este sentido es la manifestación de la sustancia, el modo de expresión de la materia.

La formulación newtoniana del principio de inercia dice:

Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser en tanto que sea obligado por fuerzas impresas a cambiar su estado.⁴²

Como la teoría de la relatividad general concibe la estructura geométrica del espacio como una causa (aquí ya intervendría el principio de causalidad) de la masa el espacio-tiempo está “curvado”. Más propiamente diremos que el *grado de curvatura* (k) de un espacio no-euclidiano es diferente de cero. En este tipo de espacios lo más parecido a una línea recta euclídea es la geodésica. Las líneas geodésicas son los caminos más cortos entre dos puntos-sucesos.⁴³ Pues bien, la formulación relativista del principio de inercia puede formularse así:

Las trayectorias de los cuerpos que se mueven libremente son siempre geodésicas.⁴⁴

Es curioso como Kant prefirió el corolario de la segunda ley del movimiento, es decir, el principio de inercia, como expresión del principio de causalidad. El motivo de tal preferencia viene de la imposibilidad de establecer *a priori* la validez de la relación expresada en la segunda ley: $F = ma$ (“el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y sigue la dirección de la línea recta en que se imprime dicha fuerza”).⁴⁵ Es claro que la ley de inercia solamente dice que si la fuerza es nula la aceleración también lo es y por consiguiente la velocidad es constante. Sin causa no hay efecto. La ley de inercia no entra en cómo ha de ser la relación entre la aceleración y la fuerza. La ley de inercia solamente toma en consideración la sustancia como incapaz de auto-alterarse, de ponerse en movimiento, ace-

⁴¹ Cfr. con el enunciado del principio en la primera edición de la *Crítica de la razón pura* (A 189).

⁴² Newton, I., *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Alianza Editorial. Filosofía y pensamiento. Vol. 1, (en 058) p.135.

⁴³ Más adelante veremos sucintamente porqué se usa este concepto.

⁴⁴ Papp, D., *Einstein, historia de un espíritu*, Espasa-Calpe, Colección Austral, 1978, p. 212.

⁴⁵ Newton, I., *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Alianza Editorial. Filosofía y pensamiento. Vol. 1, (en 058) p.136.

lerar o enfrenar por sí misma. El cambio de un estado de reposo o de un movimiento libre a un estado acelerado tiene una causa directamente proporcional a dicho cambio. De hecho, en la formulación de su segunda ley de la mecánica lo enuncia como sigue:

Toda transformación de la materia tiene una causa externa. (Todo cuerpo persiste en su estado de reposo o de movimiento, en la misma dirección y con la misma velocidad, mientras una causa externa no lo compele a abandonar este estado).⁴⁶

En esta ley nada se dice de fuerzas y, evidentemente, la dirección puede venir dada por una línea geodésica.

El argumento neokantiano del “salto epistemológico” encuentra aquí otra posible justificación. Recordemos lo dicho en el apartado anterior acerca de la concepción kantiana de la sustancia. Kant entendió la sustancia como un continuo material que llena todo el espacio. La desigual presencia de materia en el universo la concibe como una *densidad*, es decir, como una intensidad variable aunque la materia lo llene todo en forma continua. Por eso la materia puede definirse como una función del espacio. Acabamos de ver que la teoría de la relatividad general concibe la estructura geométrica del espacio como una causa de la materia (masa-energía). Si la densidad de la materia está en función del espacio, como es patente, y la estructura geométrica del espacio depende de la concentración que tenga la materia, para la teoría de la relatividad general las diferencias espacio-temporales de la *densidad* son la causa de las trayectorias de las cosas, y claro está, de su variedad y de su cambio. Las intuiciones del espacio y del tiempo son, evidentemente, previas a sus ulteriores determinaciones y toda teoría ha de contar con ella antes de aplicarle estructura alguna.

El continuo espacio-temporal

Llegados a este punto nos es necesario decir algunas cosas sobre el espacio-tiempo tetradimensional. Comenzaremos considerando que si bien la teoría de la relatividad no considera al espacio y al tiempo como magnitudes independientes, el espacio-tiempo cuadridimensional (espacio de Minkowski) es euclidiano. Este hecho no nos incumbe puesto que estamos entendiendo que el espacio puro carece de estructura, lo que sí es menester considerar es que el continuo espacio-temporal contiene las tres dimensiones espaciales más la dimensión temporal requeridas por las transformaciones de Lorentz, pero ambos tipos de dimensiones nunca llegan a mezclarse totalmente.

De esta unión entre el espacio y el tiempo nace una magnitud híbrida y absolu-

⁴⁶ Ak., IV, 543.

ta llamada intervalo. Pero esto tampoco es nuevo. Cuando hablamos de años-luz estamos uniendo el espacio con el tiempo, y lo mismo hacemos cuando decimos que tal lugar está a 10 minutos de aquí. Ciertamente, el universo cuatridimensional es diferente, pero no por su tetradimensionalidad, a la que estamos acostumbrados desde siempre, sino por las nuevas propiedades derivadas del postulado de la constancia de la velocidad de la luz. No es éste el momento ni el lugar (¿o deberíamos decir lugar-momento?) de entrar en detalles acerca del concepto de *intervalo*, solamente diremos que en un continuo tetradimensional un punto expresará no sólo un lugar sino también un momento, por eso se llamará punto-suceso; siendo también el intervalo una magnitud híbrida entre el espacio y el tiempo. Cuando el efecto de un suceso A tiene que superar a la velocidad de la luz para que podamos tener constancia de él se dice que su intervalo es espacial, con lo cual no podremos enlazarlos causalmente. Si por el contrario el efecto de un suceso no tiene que ir más rápido que la luz se dirá que su intervalo es temporal y podremos decir que A es causa del suceso B. En nuestro mundo habitual nos basta con este tipo de intervalo, pero en el universo encontramos distancias a las que la luz no es capaz de llegar en un tiempo dado. Como consecuencia de esto el orden en el que se dan los sucesos separados por un intervalo espacial no es el mismo para cualquier observador; unos verán el suceso A antes que el suceso B, otros verán lo contrario y aún otros los verán simultáneamente. En este sentido el espacio sí intervendría en la causalidad, cosa que no sucedía en la mecánica newtoniana debido a la existencia de acción a distancias (velocidades infinitas). No obstante preferimos decir que allí donde no alcance nuestra percepción no tendremos fenómenos y por tanto no forma parte de nuestra experiencia posible. Como veremos, el espacio se define donde existe *commercium* entre las sustancias.

Poincaré fue el auténtico descubridor del continuo espacio-temporal, y para él sólo era una manera diferente de expresar lo mismo.⁴⁷ Así podríamos decir que en el continuo espacio-temporal las tres coordenadas espaciales representan la forma de la experiencia externa, mientras que la coordenada temporal representa la forma de la experiencia interna. Si no podemos enlazar temporalmente dos sucesos tampoco podremos aplicar la segunda analogía de la experiencia, es decir, *principio de la sucesión temporal según la ley de la causalidad*, puesto que, como acabamos de ver, el tiempo mismo consiste en la sucesión.

Tercer modo del tiempo

La tercera analogía es el “Principio de la simultaneidad según la ley de la acción recíproca o comunidad”, también llamado “Principio de interacción”. Kant lo enuncia como sigue:

⁴⁷ Cfr. Poincaré, H., *Ciencia y método*, Espasa-Calpe, Madrid, 1963, pp. 88-89.

Todas las sustancias, en la medida en que pueden ser percibidas en el espacio como simultáneas, están en universal acción recíproca.⁴⁸

Kant define la categoría de comunidad como “la causalidad de sustancias que se determinan recíprocamente”.⁴⁹ Se trata, ciertamente, de una conexión causal que determina las sustancias, pero no de una en una como ocurre en la relación causa-efecto. Ahora tenemos muchas cosas conectadas, una “*symploké*” en la que no existen causas ni efectos nítidos, sino que todas las determinaciones que constantemente se producen entre las sustancias son causas y efectos simultáneamente unas de otras. Es un entrelazamiento simultáneo y recíproco, una coexistencia regulada universalmente que posibilita la influencia tanto directa como inversa entre las sustancias.

Al aplicar esta analogía al caso de la sustancia material Kant obtiene la “tercera ley de la dinámica” que dice:

En toda transición de movimiento acción y reacción son siempre iguales entre sí.⁵⁰

La correspondencia con la tercera ley del movimiento de Newton es clara:

Con toda acción ocurre una reacción igual y contraria: O sea, las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en direcciones opuestas.⁵¹

Como en los casos anteriores, sucede que el tiempo como tal no puede percibirse. Por consiguiente, la simultaneidad no puede ser percibida sin la intervención de alguna categoría. Tal categoría o concepto puro del entendimiento es la de comunidad (acción recíproca entre agente y paciente). A esta categoría han de aplicársele las intuiciones puras del espacio y el tiempo para tener un juicio sintético *a priori*, es decir, un principio del entendimiento puro que regule esta relación.

En este principio está claro que interviene el tiempo, hablamos de la simultaneidad, pero ¿es necesario el espacio en este principio? La respuesta es sí, porque allí donde existe influencia mutua entre sustancias se define un espacio. Tal es así que sabemos si dos objetos pertenecen al mismo lugar si hay acción del uno sobre el otro y viceversa (*commercium*),⁵² es decir, están en un intervalo temporal. Esto tiene como consecuencia que el espacio vacío no puede conocerse.

⁴⁸ *Crítica de la razón pura* (A 211/B 256).

⁴⁹ *Crítica de la razón pura* (B 111).

⁵⁰ Ak., IV, 544.

⁵¹ Newton, I., *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Alianza Editorial. Filosofía y pensamiento. Vol. 1, (en 058) p.136.

⁵² Cfr. Julián Carvajal Córdón, *El problema de las categorías y la ontología Crítica en Kant*, Editorial de la Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1988, p. 637.

No pretendo con esto rebatir el espacio vacío, ya que éste puede existir en lugares a donde no llegan nuestras percepciones y donde, consiguientemente, no tenemos ningún conocimiento empírico acerca de la coexistencia. Claro que entonces tampoco constituye objeto alguno de nuestra experiencia posible.⁵³

Para que exista simultaneidad entre sustancias tiene que darse acción instantánea a distancia. El universo de la mecánica clásica está lleno de fenómenos simultáneos, de acciones recíprocas instantáneas entre ellos, acaso tal universo solamente consista en eso. Este modo de estar de los fenómenos es lo que Newton llamó *gravitación universal*. Con Kant la acción a distancia se convierte no ya sólo en una exigencia de la física de Newton, sino en una condición de posibilidad de la experiencia misma. Pero como aceptamos el postulado de la constancia de la velocidad de la luz entendemos que la experiencia posible solamente contempla el intervalo temporal.

El principio de equivalencia ($M_i = M_g$)

El principio de equivalencia expresa la identidad entre masa inercial y masa gravitatoria. Se trata del único principio empírico de la teoría. No obstante, la masa es la expresión de la permanencia de la sustancia, que es la primera analogía de la experiencia. Por otro lado, la masa inercial se entiende como resistencia a la aceleración, mientras que la masa gravitatoria es entendida como acción y reacción a la gravitación. Ambas masas presuponen, pues, las tres analogías de la experiencia. Perdónesenos la siguiente obviedad: las condiciones de posibilidad de lo empírico son previas a la experiencia. Con ello no queremos eliminar el carácter empírico del principio de equivalencia pues tal cosa sería absurda, solamente queremos mostrar que incluso los conceptos que lo componen son expresión de los principios del entendimiento puro.

6. Conclusiones

La concepción que Einstein tenía del mundo era kantiana. Esto se aprecia con especial nitidez en la encarnizada polémica que mantuvo con Bohr. La teoría de la relatividad sustituye una creciente complejidad matemática por una geometría más compleja. Si a esto le añadimos que dicho cambio, aparte de cómodo es elegante, es decir, estéticamente superior, apreciamos el talento de su creador. Pero sí además le sumamos el cambio de perspectiva, la capacidad predictiva y la belleza intrínseca de su simetrías, nos quedamos estupefactos.

⁵³ *Crítica de la razón pura* (A 214/B 261).

Ciertamente, la geometría elegida en la teoría de la relatividad no es euclídea, pero la validez de la matemática y su aplicabilidad a la experiencia posible se explican por la síntesis *a priori* de Kant. El requisito de cualquier geometría que se pueda aplicar a una teoría física es el de no contradecir la experiencia posible. Si en un futuro una nueva teoría concibiera el universo de otra manera se vería obligada a aceptar estos mismos principios del entendimiento puro. Además la teoría puede ser reformulada en términos euclidianos como observara Poincaré. Por otro lado, el tratamiento infinitesimal que requieren las geometrías no euclidianas es euclidiano, como observó Karl Bollert. Incluso el uso de imágenes euclidianas para poder expresar conceptos no euclidianos demuestra, como ya dijera Eugenio Beltrami,⁵⁴ la imposibilidad de concebirlas fuera de la intuición.

Las analogías de la experiencia constituyen la base filosófica de la teoría de la relatividad. Alguien podrá decir con toda razón que Einstein no era kantiano, pero Newton tampoco pensaba que el espacio y el tiempo fueran puestos por nosotros, él los consideraba *sensorium Dei*. Su realismo trascendental era contrario al idealismo de Kant. Sin embargo, éste, encuentra la fórmula para dar coherencia a una construcción teórica que quedaba coja, falta de sostén, como un gigante con los pies de barro. Por idéntico motivo se requiere aplicar la fundamentación kantiana de la ciencia de la naturaleza a la teoría de la relatividad.

Kant, con su *Crítica*, da contestación a muchas cuestiones, pero todas giran en torno a la cuestión fundamental de la posibilidad del conocimiento humano. Al investigar los orígenes del conocimiento Kant llega a los principios puros del entendimiento. Estos principios son la base *a priori* del conocimiento. Vimos que se trataba de juicios sintéticos *a priori* y que estos juicios tienen un principio supremo: “las condiciones de la *posibilidad de la experiencia* en general son al mismo tiempo condiciones de la *posibilidad de los objetos de la experiencia* y tienen por ello validez objetiva en un juicio sintético *a priori*”.⁵⁵ Conocemos lo que podemos conocer y lo que podemos conocer es lo único que puede ser conocido. Este círculo es el último peldaño de la escalera, no podemos ir más allá. Todo querer ir más allá resulta superfluo o desencadena un proceso *ad infinitum*. El camino de la búsqueda del origen lógico del conocimiento humano no termina en una recta sino en una rotonda.

Los principios que fundamentan las leyes del movimiento son las analogías de la experiencia. Al aplicar Kant las analogías al caso de las sustancias materiales elaboró lo que llamó las *leyes de la mecánica*, con lo que tenemos la siguiente correspondencia:

El principio de inherencia nos conduce a la ley de conservación de la materia.

⁵⁴ Beltrami, E., *Saggio di interpretazione della Geometria Non-Euclidea*, en Ulrico Hoepli, *Opere Matematiche*, Milán, 1902.

⁵⁵ Ver nota 22.

Tal principio dice así:

En todo cambio de los fenómenos permanece la sustancia y su cantidad (quantum) no aumenta ni disminuye en la naturaleza.⁵⁶

La expresión de la primera ley de la mecánica de Kant es:

En todas las transformaciones de la naturaleza corpórea permanece en total la misma cantidad de materia sin aumentar ni disminuir.⁵⁷

Si por materia entendemos masa-energía tanto el principio como la ley son perfectamente válidos para la teoría de la relatividad.

El principio de la producción nos lleva a la segunda ley de la mecánica. El principio de la producción dice así:

Todas las alteraciones suceden según la ley del enlace entre causa y efecto.⁵⁸

La segunda ley de la mecánica de Kant dice:

Todo cambio de la materia tiene una causa externa.⁵⁹

Y también así:

Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento, en la misma dirección y con la misma velocidad, a no ser que una causa externa lo obligue a abandonar este estado.⁶⁰

La aplicación a la teoría de la relatividad es perfecta, puesto que ni siquiera habla de líneas rectas sino de direcciones. La dirección que sigue un cuerpo abandonado a sí mismo en la teoría de relatividad es una geodésica, pero Kant no dice como será esa trayectoria porque no confiere estructura al espacio. En toda teoría física la masa ha de ser una función del espacio; en la teoría de la relatividad sucede además que la masa dará la estructura a ese espacio que la posibilita.

El principio de interacción da lugar a la tercera ley de la mecánica. Este principio se expresa como sigue:

⁵⁶ *Crítica de la razón pura* (A 182/B 224).

⁵⁷ Ak., IV, 541.

⁵⁸ *Crítica de la razón pura* (A 189/B 232).

⁵⁹ Ak., IV, 543.

⁶⁰ *Ibid.*

Todas las sustancias, en la medida en que pueden ser percibidas en el espacio como simultáneas, están en universal acción recíproca.⁶¹

La tercera ley de la mecánica elaborada por Kant, dice:

En toda comunicación de movimiento, la acción es siempre igual a la reacción.⁶²

Como en los casos anteriores la aplicación a la teoría de la relatividad de este principio es clara. En la teoría de la relatividad todas las sustancias que estén en “universal acción recíproca” son las que están dentro del mismo intervalo temporal, en virtud del postulado de la constancia de la velocidad de la luz.

Queda así expuesta la correspondencia entre las analogías de la experiencia y las leyes de la teoría de la relatividad. A éstas hay que añadir el principio de relatividad, el principio de la constancia de la luz y el principio de equivalencia. Los dos primeros son considerados como postulados por el propio Einstein, el tercero es empírico, pero supone las tres analogías. La existencia de principios empíricos junto a principios del entendimiento puro no hace sino remarcar el principio supremo de los juicios sintéticos. La equivalencia entre la inercia y el peso se conocía en la mecánica clásica, pero se pensó que era una curiosa casualidad a la que no se le prestó mayor atención. No debemos dirigirnos a lo que se dice del fenómeno ni a lo que se dice sobre su modo de experiencia, sino a ambas cosas a la vez. Hay que moverse entre hombres y cosas sin centrarse exclusivamente en uno de estos dos polos. El conocimiento no se da en una de esas dos partes por separado, sino, por decir así, entre ambas.

Juan Cano de Pablo
Departamento de Filosofía IV
Facultad de Filosofía
Universidad Complutense de Madrid
28040 Madrid
jucadpa@hotmail.com

⁶¹ *Crítica de la razón pura* (A 211/B 256).

⁶² Ak., IV, 544.