

# Antinomia del espacio-tiempo: de Kant a Einstein\*

Carlos Arturo Londoño Ramos

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

## Resumen

En la primera antinomia expuesta en la *Crítica de la Razón Pura*, Kant presenta el dilema entre la finitud y la infinitud del espacio y el tiempo. Como el problema está fuera de las posibilidades de la experiencia, se considera que la cuestión es insoluble. En la física contemporánea, a partir de las nuevas geometrías, con la Teoría de la relatividad, Einstein propone la equivalencia entre la gravitación y la curvatura del espacio con lo cual la pregunta se plantea desde un punto de vista diferente al de la geometría euclidiana desde la que pensaba Kant. A partir de Einstein, autores posteriores han teorizado el comienzo del universo en un agujero negro y su futuro en una expansión indefinida o en el retorno a un nuevo agujero negro donde el espacio y el tiempo tienden a cero. Con este replanteamiento, el problema deja de ser metafísico y pasa a ser estudiado por la ciencia física. El espacio y el tiempo no serían sólo formas de la intuición sensible sino también formas de la materialidad. Nuestra experiencia del espacio y el tiempo ya no sería solamente la de la sensibilidad humana sino también la propuesta teórica acerca del mundo físico que sólo aparece como fenómeno indirecto en inferencias experimentales.

**Palabras clave:** Kant, Einstein, antinomias.

Abstract Antinomy of space-time: from Kant to Einstein.

In the first antinomy exposed in the work *Critique of pure reason*, Kant presents a dilemma between finiteness and infiniteness of space and time. Since this problem is out of reach from the possibilities of experience it is taken into account as insolvable. In the contemporary physics with aid of new geometry, in the General theory of relativity, Einstein suggested an equivalence among gravitation and the curvature of space and in such a manner the question was stated from a different point of view opposite to Kant's opinion which was based on Euclidean geometry. After Einstein, authors have theorized about the beginning of universe in a black hole and its future as an illimited expansion or the return to a new black hole where space and time tender to zero. With this new restatement the problem stops to be metaphysical and starts to be physical. Space and time would not be shapes of sensible intuition only, but also shapes of materiality. Our experience of space and time would not be only related to human sensibility but theoretical proposal that turns up merely as an indirect phenomenon in experimental inferences.

**Key words:** Kant, Einstein, Antinomy of space-time

\* Ponencia presentada en el Foro Nacional de Filosofía, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, 2005.

## INTRODUCCIÓN

En la *Crítica de la Razón Pura* Kant (1781) se propone estudiar las condiciones necesarias o trascendentales dentro de las cuales se ofrecen las ciencias naturales. Estas condiciones establecen los límites de la experiencia posible y, por esta misma razón, constituyen su demarcación, es decir, establece los “marcos” en los que el conocimiento es susceptible de realizarse. La investigación científica se efectúa por medio de la unión entre el entendimiento que propone regularidades (de conservación, causalidad, posibilidad, etc.) y el experimento en el que aparecen los fenómenos de la naturaleza en el espacio y el tiempo. Las ciencias y la metafísica, además, recurren a la otra facultad: la razón. Esta facultad se interroga por las últimas condiciones del conocimiento, es decir, por lo incondicionado, lo absoluto. Pero estos problemas se encuentran por fuera de la experiencia y, por este motivo, no se pueden organizar por los conceptos del entendimiento como son los de la cuantificación matemática, las relaciones de causalidad, de interacción, etc., que explicarían la regularidad de los fenómenos. Estos problemas entonces son expuestos como ideas trascendentes —no como conceptos— es decir, como cuestiones de las últimas condiciones a las que se enfrenta necesariamente la razón.

Por fuera de las posibilidades de la ciencia experimental, subsisten cuatro problemas planteados por la metafísica especial tradicional referidos a los objetos que se encuentran fuera de las condiciones de la experiencia, y que Kant denomina metafísica dogmática. Para sustentar la imposibilidad de solucionar el problema, Kant expone las

ideas de modo antagónico como tesis y antítesis en una dialéctica de la apariencia: “Por consiguiente, la Antitética no se ocupa de afirmaciones unilaterales, sino que considera conocimientos universales de la razón en su conflicto y en la causa de este conflicto”<sup>1</sup>. Las cuatro antinomias que Kant presenta son: 1) las ideas de la finitud o infinitud del universo en el espacio y el tiempo; 2) la divisibilidad de la sustancia (materia) hasta el infinito o hasta lo simple; 3) las ideas que se refieren las condiciones del determinismo causal o su contrario, que es la libertad; y 4) la existencia de un ser necesario —Dios— o lo opuesto que sería, la serie infinita de entes contingentes en el mundo. Para Kant, estas ideas no producen propiamente conocimientos, antes bien, sobrepasan las condiciones impuestas por la experiencia y extienden los conceptos más allá de los límites de lo empírico, hasta la totalidad de la serie, hasta las últimas condiciones absolutas<sup>2</sup>.

La metafísica dogmática tradicional se planteó los problemas de la razón en una ontología especial que intentaba conocer la finitud o infinitud del cosmos, tanto en el macrocosmos como en el microcosmos, la esencia del alma y la existencia de Dios. Kant, por el contrario, plantea una metafísica crítica que investiga los alcances de nuestro conocimiento, en la cual ya no se puede brindar soluciones de contenido determinado —como en la metafísica dogmática— sino sólo principios regulativos u orienta-

1 KANT, *Crítica de la razón pura*. T.II. Trad. José Rovira Armengol, Buenos Aires: Losada, 1960, p. 140

2 *Ibid*, T. II, p 133.

dores de las ciencias en cuanto suponen, respectivamente, la investigación ilimitada del cosmos, la actividad del sujeto libre y la inteligibilidad del mundo.

Así describe Kant, su propuesta de una metafísica crítica:

Para esto tiene la metafísica la rara fortuna que ninguna otra ciencia racional que se ocupa de los objetos (...) posee, y que consiste en que, una vez que se le encause mediante esta crítica, en las vías seguras de la ciencia, abarcará por completo todo el campo del conocimiento que le pertenece [...] por cuanto sólo tiene que tratar de los principios y límites de su aplicación, lo cual a su vez ha sido determinado por ella misma. La metafísica, es pues, susceptible de esta perfección, en tanto que es ciencia fundamental.

En contra de la metafísica dogmática, Kant ha estudiado los argumentos que sustentan la finitud o infinitud del cosmos, la inmortalidad del alma y la existencia de Dios, para concluir que estos argumentos no prueban nada. Sin embargo, conserva estos problemas y los convierte en principios regulativos o en máximas que nos indican cómo tenemos que buscar los enlaces conceptuales aplicados al uso empírico. Se transforman entonces en principios regulativos o heurísticos, que son exigidas por todos los conocimientos en cuanto proceden *como si* los objetos investigados correspondieran a un orden. Las ideas ya no podrían ser justificadas como conocimientos sustantivos (como esencias en sí mismas) sino como principios presupuestos para la organización sistemática del conocimiento. De esta manera, si bien no se puede demostrar la espiritualidad del alma, es necesario suponer la

actividad libre del sujeto; si no se puede demostrar la finitud o infinitud del cosmos tenemos que seguir "...en una investigación que no termine en ninguna parte, como si fuera infinita en sí y no tuviera un miembro primero o supremo"<sup>3</sup>, es decir, que no concluye en alguna información específica sino que se propone como un principio metodológico de investigación indefinida; "...y por último, tenemos que considerar (con respecto a la teología) todo cuanto pueda pertenecer al enlace de la experiencia posible *como si* esta constituyera una unidad absoluta aunque íntegramente dependiente y siempre condicionada dentro del mundo de los sentidos"<sup>4</sup>. Es decir, se concluye en el principio metodológico de la inteligibilidad del mundo.

De todas estas ideas trascendentes, al menos desde el punto de vista de las ciencias naturales, sólo las que Kant denomina, en sentido estricto, "ideas cosmológicas", en cuanto tienen relación con la cuantificación de las dimensiones del universo, han sido abordadas por las ciencias. No sólo el problema de las dimensiones del espacio y el tiempo, en cuanto a su finitud o infinitud, se han convertido en problemas científicos, también la segunda antinomia cosmológica acerca de la divisibilidad de la sustancia (materia) ha sido estudiada, por ejemplo, por Max Planck, en la física cuántica con una solución en la que se considera al fotón o cuanto de luz como el mínimo de energía posible; además contamos con las polémicas hipótesis de las partículas elementales. Estas dos ideas cosmológicas que Kant consideraba exclusivas de la metafísica han

3 Ibid, T. II, p. 298.

4 Ibid.

pasado a ser cuestiones científicas de interés fundamental —sin que, por otra parte, dejen de ser principios metodológicos—, esto significa que han dejado de ser ideas trascendentes insolubles y se han convertido en teorías físicas. Las ideas metafísicas sobre el cosmos se pueden convertir en conceptos científicos a partir de la construcción teórica hipotético-deductiva que permite deducir predicciones con consecuencias fenoménicas.

## 1. LAS IDEAS COSMOLÓGICAS

En el intento de diferenciar entre la ciencia natural y la metafísica crítica, de una parte, de la metafísica dogmática de otra, Kant propone distinguir entre las facultades del entendimiento que elabora conceptos, principios y leyes, y la razón que se ocupa de las últimas condiciones, es decir, de lo incondicionado o de lo absoluto expresado por ideas. La metafísica dogmática, que proviene de una tradición anterior a la filosofía crítica kantiana cree poder tener soluciones definitivas en estos problemas, sin preocuparse del método por medio del cual se accedería a ellos. En la metafísica crítica, por el contrario, se procede con el método escéptico que examina las condiciones y límites de las facultades del conocimiento. Kant considera que estos problemas cosmológicos, en cuanto conducen a contradicciones (finito e infinito) no tienen solución y, en consecuencia, habría que plantearlos filosóficamente, como principios regulativos que consisten en suponer la investigación indefinida de estas cuestiones: como un progreso inacabable que depende de una investigación hipotética abierta a nuevas investigaciones.

Con respecto al concepto de tiempo, el pasado es condición para el presente. Las relaciones del tiempo son pues conexiones de conservación, de simultaneidad y de sucesión en la antecedenencia y la consecuencia. Cuando nos preguntamos por el origen del universo, nos estamos refiriendo a los antecedentes, que Kant denomina “síntesis regresiva”; si nos preguntamos por el futuro, nos referimos a las consecuencias, a las que Kant denomina “síntesis progresiva”. Ahora bien, Kant considera que la metafísica se ocupa de la totalidad de la serie regresiva cuando pregunta por el origen temporal del universo. La serie hacia el futuro, es decir, progresiva no es abordada por Kant pues él piensa que éste no es un problema necesario de la metafísica.

Con respecto al espacio, la situación es diferente. El espacio constituye un agregado coextensivo que en sí mismo no es antecedente ni consecuente. Cada parte del espacio sólo es un límite para las otras partes: “Pero como una parte del espacio no es dado por la otra, sino sólo limitado por ella, tenemos que considerar también como condicionado todo espacio limitado puesto que supone otro espacio como condición de su límite, y así sucesivamente”<sup>5</sup>. No obstante, dice Kant, si no consideramos el espacio como tal, sino su la manea de aprehenderlo, entonces, también se puede considerar el espacio como una serie progresiva cuyos agregados se conocen en el transcurrir del tiempo.

A partir de su texto *Disertaciones latinas* (1770), Kant presenta el problema de la finitud o infinitud del universo en el espacio y el tiempo.

5 Ibid, T.II, p. 135.

po. Posteriormente en la *Crítica* expone estas ideas como tesis contrapuestas o antinómicas.

Desde el punto de vista de las series regresivas, Kant enuncia las antinomias de las ideas cosmológicas del espacio y del tiempo de tal manera que en los dos casos la prueba argumentativa radica en la reducción al absurdo de la tesis contraria:

EL PRIMER CONFLICTO DE LAS IDEAS TRASCENDENTALES ES:

TESIS: El mundo tiene un comienzo en el tiempo y con respecto al espacio está encerrado también en límites [...]

ANTÍTESIS: El mundo no tiene comienzo ni límites en el espacio, sino que es infinito tanto en el tiempo como en el espacio<sup>6</sup>.

La demostración de la tesis se efectúa acudiendo a la imposibilidad de un tiempo en una sucesión infinita hasta el presente dado que un número infinito de momentos no se puede recorrer. De modo análogo, un espacio infinito con cosas que coexisten implicaría un proceso de conocimiento cuya enumeración sólo podría realizarse en un tiempo infinito. Luego el tiempo y el espacio deben ser finitos.

La demostración de la antítesis se realiza indicando la imposibilidad de un tiempo vacío antes del tiempo y de un espacio vacío que sea límite del espacio. Luego el espacio y el tiempo deben ser infinitos.

De la imposibilidad de demostrar definitivamente tanto la tesis como la antítesis, resulta, sin embargo, un principio regulativo

6 Ibid, T. II, p. 144.

que funciona como máxima o como guía en la exploración del universo, y esta idea es la de la investigación indefinida. De la contradicción entre la tesis y la antítesis se llega a la conclusión de que este es un problema insoluble, no obstante, de esta dificultad queda la idea heurística de la investigación indefinida como supuesto metodológico. Al respecto dice Kant:

La absoluta totalidad de las series de estas condiciones en la derivación de sus miembros, es una idea que si bien no puede realizarse nunca del todo en el uso empírico de la razón, sirve empero de regla de cómo tengamos que proceder respecto de ellos, o sea en la explicación de los fenómenos dados (retrocediendo o ascendiendo): *como si* la serie en sí fuera infinita, es decir, *in indefinitum*<sup>7</sup>.

Como se puede constatar en las *Disertaciones latinas*, las antinomias cosmológicas jugaron un papel decisivo en la consideración de la idealidad del espacio y el tiempo. Estos no serían realidades en sí mismas sino estructuras de nuestra mente y constituirían el marco universal dentro en el cual nos son dados los fenómenos objetivos en la experiencia. El espacio y el tiempo serían formas puras de la intuición sensible, que posibilitan la síntesis de la múltiple, y a partir de ellas, conjuntamente con las categorías de la lógica formal (cantidad, cualidad, relación y modo) se construye la geometría y la mecánica por medio de la actividad intelectual del sujeto.

Para Kant, el tiempo no puede ser una cosa en sí, como tiempo absoluto, como lo pensaba Newton. En la física clásica el mov-

7 Ibid, T. II, p. 305.

imiento es relativo con respecto a un cuerpo considerado en reposo; sólo se puede decir que un cuerpo está en movimiento comparándolo con otro considerado en reposo; no obstante, la aceleración no es relativa, y por esta razón, Newton planteó unas coordenadas absolutas en el espacio y el tiempo por medio de las que pudiera comparar la aceleración. Este espacio y tiempo absolutos existirían aunque no hubiera objetos físicos. En el escolio de la definición VIII, de *Los principios matemáticos de la filosofía natural* Newton dice:

El tiempo absoluto, verdadero y matemático, en sí, y por su propia naturaleza sin relación a nada externo fluye uniformemente, y se dice con otro nombre duración.[...] El espacio absoluto, tomado en su naturaleza, sin relación a nada externo, permanece siempre similar e inmóvil<sup>8</sup>.

Kant considera, por el contrario, que “Quienes afirman una realidad objetiva de tiempo lo conciben como un cierto flujo de existencia continua, sin que exista cosa alguna (figmento absurdísimo) —así sobre todo algunos filósofos ingleses—”<sup>9</sup>.

En contra de Newton, Kant niega el espacio absoluto —que identifica con el espacio en cuanto cosa en sí— porque conduce a un espacio en sí infinito y sin objetos y, en contra de Leibniz, niega que el espacio sea una mera relación entre las cosas, pues desde el punto de vista de la validez del cono-

cimiento, en este caso, la geometría sería una ciencia empírica dado que su conocimiento provendría de una abstracción inductiva de estas relaciones, pero la geometría no puede ser inductiva puesto que expone deducciones universales y necesarias lo cual sólo puede ser posible como una construcción deductiva elaborada por el sujeto sobre la base de las formas de la sensibilidad.

En las *Disertaciones Latinas*, Kant propone la idealidad del espacio y el tiempo, como formas de la sensibilidad:

El espacio no es algo objetivo y real; ni sustancia ni accidente ni relación; sino algo objetivo ideal, y proviene de la naturaleza de la mente según ley estable, cual esquema para coordinar para sí absolutamente todo lo externamente sensible. Quienes defienden la realidad del espacio y lo conciben cual receptáculo absoluto e inmenso de cosas posibles —sentencia que, siguiendo a los ingleses, place muchísimo a los geómetras— o sostienen que es la relación misma entre las cosas existentes, que, quitadas las cosas se desvanece enteramente y sólo es pensable respecto de las actuales —como siguiendo a Leibniz muchísimos maestros lo establecen. En cuanto a aquel primero y vacuo figmento de la razón por fingir relaciones verdaderamente infinitas, más sin entes relacionados entre sí por ellas, pertenece al mundo de lo fabuloso.

Empero los que siguen la sentencia posterior caen en un error mucho peor [...] porque si todas las afecciones del espacio provienen únicamente de las relaciones externas mediante la experiencia en los axiomas geométricos no habrá más universalidad que la comparativa<sup>10</sup>.

8 NEWTON, Isaac. Principios matemáticos de la ciencia natural. Barcelona: Altaya, 1993, p. 32.

9 KANT, I. Disertaciones Latinas. Trad. J.D. García Bacca. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 1974, p. 36.

10 Ibid, p. 41-42.

Según Kant, sólo conocemos el espacio y el tiempo como formas de la intuición sensible y como tal, estas formas, consideradas como puras, pueden ser pensadas sin objetos, y en combinación con las categorías de la lógica formal, permiten abstracciones constructivas como las de los axiomas<sup>11</sup> y deducciones de la geometría y de las leyes de la mecánica (inercia, equivalencia de acción y reacción, etc). Una vez admitido el espacio y el tiempo como formas de la intuición sensible a partir de las cuales efectuamos abstracciones y construcciones, entonces sí se puede concebir el espacio como una relación objetiva entre los objetos conocidos por nosotros, así como el tiempo de los objetos que efectúan mudanzas. Por lo demás, no sabemos que son el espacio y el tiempo en sí mismos, como “cosa en sí”.

Kant traslada el espacio y el tiempo absolutos de Newton a la mente (con características similares de infinitud, de precedencia e independencia con respecto a los objetos) convirtiéndolos en formas de la sensibilidad que preceden a toda experiencia posible, y éstas como tal, podrían ser pensadas sin objetos. En la *Óptica*, Newton ya había pensado el espacio infinito como el sensorio divino. Transformarlo en un sensorio humano, como lo hace Kant, implica un pequeño paso.

De igual manera, la concepción del Leibniz según la cual el espacio es una relación entre las cosas, se transformará en la coexistencia de los objetos para nuestra sensibilidad. La concepción del espacio y el tiempo con-

cluye en la idealidad de las cosas espaciales y temporales que pueden ser conocidas en relación con nuestra condición humana. Los objetos físicos sólo son cognoscibles por medio de las facultades; y pueden tener unos determinantes (propiedades y leyes) gracias a la vinculación con el proceso cognoscente. Al respecto dice Torretti: “Conforme a ésto el carácter espacial y temporal de las cosas y de los hechos de nuestra vida les viene de su inserción en esta vida nuestra”<sup>12</sup>. Kant quiere hacer coincidir la experiencia humana del espacio y del tiempo con la temporalidad y especialidad de la ciencia física, pero esta coincidencia se romperá con la física contemporánea.

El argumento que Kant proponía contra el concepto de espacio en Leibniz —como relación entre los cuerpos— remite a un doble problema, que en Kant se encuentran confundidos: a) a la génesis del aprendizaje del espacio y del tiempo que hoy es investigado por la psicología cognitiva y, b) al método de la construcción geométrica y física estudiado por la epistemología. Dos problemas que si bien son diferentes, en cuanto se ocupan de la génesis y de la validez, a su vez, pueden ser relacionados. En Kant, no obstante, no se encuentran claramente delimitados.

El espacio y el tiempo como estructuras organizadoras de la mente, según la psicología cognitiva de Piaget, serían construcciones del sujeto formados a partir de la coordinación de la acción, primero, de modo sensoriomotriz —y por lo tanto corporal— y posteriormente, de modo conceptual. El

11 Cfr. ESCOHOTADO, Antonio. “Estudio preliminar”. En: NEWTON, I. Principios matemáticos de la ciencia natura. Op. Cit. p. XXXI.

12 TORRETTI, Roberto. Kant. Buenos Aires: Charcas, 1967, p. 62.

aprendizaje por la experiencia no supondría de antemano el espacio puro vacío — como forma de la sensibilidad— tal como piensa Kant, pero sí se forma a partir de unas relaciones espaciales y temporales más o menos inestructuradas<sup>13</sup>. El espacio sin objetos que Kant considera como una forma pura *a priori* de la sensibilidad no sería sino una mera abstracción *a posteriori*.

## 2. EL ESPACIO-TIEMPO COMO FORMA DE LA MATERIALIDAD.

En el texto *Sobre la teoría especial y la de la relatividad*, Einstein muestra cómo el cuestionamiento de los conceptos debe iniciarse a partir de un examen epistemológico de su significación en las relaciones físicas. Por ejemplo, si desde un tren con movimiento uniforme un pasajero tira una piedra observará que cae en línea recta, por el contrario, un peatón observará que realiza un movimiento según un arco de parábola. ¿Cuál de los dos movimientos es el “real”? Los dos son “reales” pero desde diferente perspectiva.

Con la Teoría Especial de la Relatividad, en 1905, Einstein había demostrado que el espacio-tiempo tetradimensional y la masa inercial eran relativos, es decir que variaban de acuerdo con la velocidad, aunque el efecto sólo es cuantitativamente significativo a velocidades cercanas a las de la luz. Las críticas al espacio y al tiempo absoluto son conocidas por Einstein a partir de las objeciones de la filosofía kantiana empiriocriticista de Mach quien se refiere despectivamente a “el concepto patológico del espacio absolu-

to”<sup>14</sup>. Cuando Newton definía el espacio y el tiempo absoluto no sólo se refería a un estado que no aparecía en los fenómenos de la mecánica, sino que además planteaba que el espacio y el tiempo no eran afectados por los acontecimientos físicos, pues eran independientes y nada actuaba sobre ellos.

La teoría gravitacional de Newton que se basaba en una fuerza instantánea de atracción a distancia se volvió problemática con la Teoría Especial de la relatividad. En esta teoría, Einstein demostró que no todos los objetos del universo existen en el mismo tiempo. El tiempo, el espacio y la masa son relativos a la velocidad: a medida que ésta aumenta, mayor es la “dilatación” del tiempo, la “contracción” del espacio y el incremento de la masa inercial. La Teoría Especial de la relatividad concluye en la no-simultaneidad y en la consideración del tiempo como una cuarta dimensión del espacio-tiempo y en la propagación de la luz como velocidad máxima posible. En consecuencia, la gravitación no se podía interpretar a la manera de una acción instantánea como proponía Newton.

Poco después de la muerte de Kant las geometrías no euclidianas provocaron una crisis. El espacio según estas geometrías se elabora como modelos, es decir, como construcciones intelectuales alternativas del espacio abstracto. A principios del siglo XIX, a partir del espacio curvo, el húngaro Bolyai y el ruso Lobachevsky abandonaron la pretensión de demostrar por vía de la

13 Cfr. PIAGET, La construcción de lo real en el niño. 2ª Ed. Trad. Manuel Arruñada. 1968.

14 HOLTON, Gerald. Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein. Madrid: Alianza Universidad, 1982, p. 167.



reducción al absurdo el postulado V de Euclides que afirmaba que por un punto exterior a una recta no puede trazarse más de una paralela. Posteriormente Riemann, sobre la base del espacio curvo cerrado, postula que por un punto fuera de una recta no puede trazarse ninguna paralela, pues todas las líneas se curvan. Con esta geometría se torna posible pensar en un espacio finito e ilimitado por cuanto no se refiere a ningún espacio por fuera de su curvatura.

En 1916, Einstein buscaba una razón para la equivalencia de la masa pesante (el peso) y la masa inercial (la resistencia a la aceleración); equivalencia que había sido tratada por Newton como una pura coincidencia. El resultado fue el de aplicar las conclusiones de la Teoría Especial de la relatividad a la gravitación. De este modo, los relojes que se hallan en un campo gravitacional intenso marchan con mayor lentitud, produciendo una “dilatación” del tiempo.

La revolución de la Teoría General de la Relatividad fue el resultado de vincular la geometría del espacio curvo de Riemann con las propiedades de la gravedad. Si no existiera gravedad entonces, el espacio-tiempo sería plano y las partículas tendrían un movimiento rectilíneo uniforme. Si la gravedad se explica por la curvatura del espacio, entonces no hay propiamente “fuerza” de gravedad. A partir de Descartes y Galileo, Newton, con la ley de la inercia, abolió las fuerzas en relación con el movimiento uniforme (en contra de Aristóteles y sus seguidores que pensaban en causas para todo movimiento); así, de modo analógico, Einstein abolió las fuerzas con respec-

to al movimiento de caída<sup>15</sup>. Por esta razón se considera que la distorsión de las trayectorias de los cuerpos generada por la gravedad es una propiedad del espacio-tiempo y no una fuerza extraña que se agrega. El cambio que ocurre en el movimiento que deja de ser rectilíneo, se debe a que el espacio no es plano como en la geometría euclidiana sino curvo. En el espacio físico relativista la línea recta cesa su existencia.

Desde Galileo y Descartes, la geometría euclidiana y la matematización del tiempo se constituyeron en el modelo de la física. Con la Teoría de la Relatividad General, se identificó la gravedad con la geometría.

Con la aparición de varias geometrías no euclidianas se clarifica la diferencia entre los modelos abstractos del espacio y el espacio físico. La única forma de saber cuál de esos modelos geométricos corresponde al mundo físico es la experiencia como resultado del método hipotético-deductivo. Así, la de la Relatividad General se sustentó en dos observaciones experimentales. De una parte, los astrónomos habían observado una irregularidad en la órbita de Mercurio. En este caso, la teoría de Newton presentaba una anomalía a pesar lo cual era aceptada, pues no siempre un contraejemplo derrumba inmediatamente una hipótesis. Con la Teoría de la Relatividad General, *a posteriori* se explicó tal situación generada por las perturbaciones espacio-temporales que produce la masa del Sol. De otra parte, a partir de la predicción *a priori* con base en la teoría, el filósofo y físico Eddington, en un eclipse

15 Cfr. DAVIES, P.C.W. El espacio y el tiempo en el universo contemporáneo. México: fondo de cultura económica, 1966, p. 190.

de Sol de 1919, observó la curvatura de la luz de una estrella al pasar por las cercanías de la masa gravitatoria solar.

Retomando el problema de Kant, con respecto a las antinomias sobre la finitud o infinitud del universo, desde la óptica de la curvatura del espacio, Einstein sostiene:

Recordemos lo que dice la de la relatividad a este respecto. Según ella hay dos posibilidades:

- 1.El mundo es infinito. Ésto sólo es posible si la densidad media de la materia concentrada en las estrellas desaparece en el universo [...]
- 2.El mundo es finito. Tal será el caso si la densidad de la materia ponderable en el universo es distinta de cero. El volumen del universo es tanto mayor cuanto menor sea su densidad <sup>16</sup>.

Diversos físicos como Laplace, Lemaître, Schwarzschild, Hawking, Penrose, Friedmann, continuando la Teoría General de la relatividad, han desarrollado la teoría de los agujeros negros. Éstos están formados por estrellas que han colapsado y se han derribado sobre sí mismas por efecto de la gravedad. El nombre de “agujero negro” debe su nombre a que, por lo general, ni la luz es capaz de escapar a la enorme gravedad. En un objeto extremadamente compacto la “dilatación” del tiempo es tal que tiende infinitamente a cero, su superficie estaría como “congelada”, y de igual modo, su espacio tiende a cero. Mientras tiene más masa es más pequeño. Y a partir

16 EINSTEIN, Albert. “Los principios de la investigación. Discurso en los 60 cumpleaños de Max Planck”. En: *Mi visión del mundo*. Barcelona: Fabula TusQuets, 2001, p. 158.

de la implosión o explosión de un agujero negro por la equivalencia masa-energía se puede crear materia a partir de la curvatura del espacio “vacío”<sup>17</sup>.

Llevando la teoría hasta el extremo, la materia se comprimiría en un punto matemático denominado “singularidad”, en que termina el espacio-tiempo. Hawking, no obstante, combinando la Teoría General de la relatividad con la física cuántica, ha propuesto una actividad en la formación del agujero negro que crea partículas a partir del espacio “vacío” y que compensa esta producción con energía negativa: como consecuencia, el agujero negro pierde masa y termina por explotar <sup>18</sup>. Esta actividad impediría el colapso en la singularidad. En la *Monadología física* (1756) Kant ya se había pensado la posibilidad de una unidad inextensa, pero la propone como un absurdo que hay que evitar. En la relación entre los cuerpos “Tiene que tratarse de una fuerza atractiva y otra repulsiva pues una atractiva sola fundiría a las monadas en una unidad inextensa, una repulsiva acabaría destruyendo todo nexo entre ellas”<sup>19</sup>. Kant, en el período precrítico, consideraba que por la impenetrabilidad, la fuerza repulsiva en el centro de los cuerpos sería necesariamente infinita<sup>20</sup>.

La teoría de los agujeros negros se ha empleado para explicar el origen y el futuro

17 Cfr. DAVIES, P.C.W. *El espacio y el tiempo en el universo contemporáneo*. Op. cit. p. 291.

18 Cfr. HAWKING, Stephen. *Historia del tiempo. Del Bing Bang a los agujeros negros*. Bogotá: Grijalbo, 1992.

19 TORRETTI, Roberto. Kant. Op. cit, p. 110.

20 KANT, I. *Monadología física*. En: *Opúsculos de filosofía natural*. Madrid: Alianza, 1992, p.96.

del universo a partir de una gran explosión o el *Bing Bang*. El conocimiento del destino futuro del universo depende de la información empírica sobre la cantidad de materia y de estos datos —aun inciertos— depende tanto una solución que llevaría al universo a formar un nuevo agujero negro, o bien, hacia una expansión ilimitada. Es posible pensar el universo, dice Friedmann<sup>21</sup> como un proceso que indefinidamente explota y vuelve a contraerse. Según estas teorías cosmológicas no sería absurdo pensar, como cree Kant, en un tiempo y en un espacio prácticamente “vacíos” donde comienza o puede terminar nuestro universo. El tiempo y el espacio se crean con la explosión del universo casi de la nada y de nuevo retornarían a esa “casi nada”. Hawking sobre la base de la combinación de la física cuántica y de la relativista propone un tiempo que sería *finito sin fronteras*.

Los conceptos de espacio y de tiempo cambian drásticamente a partir de la teoría de la relatividad, pues ya no son satisfactorias las teorías de Newton, Kant y Leibniz, pues el espacio y el tiempo se transformaron en formas de la materialidad que dialécticamente se truecan en su contenido. Es más, con la ley de equivalencia de la masa-energía de la Teoría de la Relatividad aplicada a los agujeros negros, la energía y el momento generan “fuerzas” de gravedad; y la curvatura del espacio, a su vez, genera materia y energía<sup>22</sup>.

Según Einstein la teoría de la relatividad cambia la concepción del espacio y el tiempo

21 DAVIES, P.C.W. El espacio y el tiempo en el universo contemporáneo. Op. cit. pp. 331-343.

22 Ibid, p. 191.

po y hace parte de toda una historia de la física en la que se pasa de un espacio pasivo y simplemente receptivo, a un espacio dinámico y activo:

Sin embargo, el espacio permaneció hasta hace poco tiempo, en la conciencia de los físicos como el recipiente pasivo de todos los sucesos, y que por sí mismo no contribuía a los sucesos físicos. Esto empezó a cambiar con la teoría ondulatoria de la luz y la teoría de Faraday y Maxwell del campo electromagnético [...]. Los campos son los estados físicos del espacio [...]. Sólo Riemann, incomprendido y solitario se preocupó por establecer una nueva concepción del espacio hacia mediados del siglo [XIX] pasado; en la que se segregaba al espacio su inmovilidad y se posibilitaba su participación en los sucesos físicos<sup>23</sup>.

Con el cuestionamiento del espacio receptivo desaparece también la razón para que el espacio sea *solamente* una estructura mental, además, de acuerdo con las teorías físicas sería una forma dinámica de la materialidad, y en ella, está comprendido nuestro cuerpo sensible. “Estas relaciones espaciales —dice Einstein— son claramente reales en el sentido que lo son los propios cuerpos”<sup>24</sup>.

En Kant, la filosofía de la ciencia depende de la física de Newton e implica y representa un fenomenalismo racional, es decir, en ella sólo nos es dado explicar racional-

23 EINSTEIN, A. Principios de la física teórica. Discurso inaugural ante la academia prusiana de ciencias. En: Ibid. p. 170.

24 EINSTEIN, Albert. Los principios de la investigación. Discurso en los 60 cumpleaños de Max Planck. En: Mi visión del mundo. Op. cit., p. 166.

mente los objetos que se nos aparecen en la experiencia en la forma de regularidades de los fenómenos, como en las leyes de la caída de los cuerpos, la inercia, la descomposición de la luz, etc. Einstein, por el contrario, al final de su vida, reconoce que la teoría es capaz de penetrar más allá de los fenómenos y de sobrepasar la experiencia humana —como en la curvatura del universo o en las hipótesis atómicas— aunque las consecuencias indirectas deben aparecer en las observaciones experimentales fenoménicas.

Einstein considera que el empiriocriticismo de Mach para quien únicamente puede estudiarse la regularidad de los fenómenos —y que además, sólo serían psíquicos— es insuficiente para dar cuenta de la epistemología de las ciencias físicas. (De todas maneras ésta epistemología influyó en la elaboración de la teoría de la relatividad al indicar la necesidad de las relaciones empíricas del tiempo en las operaciones de medición de los relojes):

Pues Mach no valoró en su justa medida la naturaleza esencialmente constructiva y especulativa del pensamiento y de modo más especial del pensamiento científico; como consecuencia de ello condenó la teoría precisamente en aquellos puntos donde se pone de manifiesto su carácter constructivo-especulativo, como por ejemplo en la teoría cinética<sup>25</sup>.

Para Einstein, la ciencia en cuanto composición constructiva de conceptos, desde el punto de vista metodológico, posibilita,

25 EINSTEIN, Albert. “Notas Autobiográficas”. En: *La teoría de la Relatividad*. Madrid: Alianza, 1975, p.99.

mediante la derivación racional, ir más allá de los fenómenos, pero esta metodología supone la inteligibilidad de la realidad misma. Así, defiende la posibilidad del conocimiento de la naturaleza misma a partir de una construcción racional, en contra los kantianos que consideran que el conocimiento es simple apariencia fenoménica. En consecuencia, Einstein considera que en filosofía:

La creencia en la posibilidad de encontrar lo cognoscible mediante el pensamiento puro estaba muy extendida en los inicios de la Filosofía [...]. Tal noción parece haber desempeñado un papel importante en Spinoza y hasta en Hegel<sup>26</sup>.

En la teoría del conocimiento, Einstein es partidario de un realismo racional que considera —de modo sorprendente— que en sí mismo el mundo es inteligible. En la filosofía kantiana esta tesis se consideró como un principio regulativo: el científico debe proceder “como si” el mundo fuera fenoménicamente inteligible. En la filosofía hegeliana este filosofema se expuso con el enunciado: “Todo lo que es racional es real y lo que es real es racional”<sup>27</sup>, empero, como se puede mostrar con las geometrías alternativas, no siempre es válida la tesis “Todo lo racional es real,” como Hegel creyó de modo muy optimista, pues es posible construir espacios geométricos que no tienen realidad empírica.

26 EINSTEIN, Albert. “Bertrand Russell y el pensamiento filosófico”. En: *Mi visión del mundo*. Op. cit. p. 42.

27 HEGEL, G.W.F. *Principios de filosofía del derecho*. Buenos Aires, Sudamericana, 1975, p. 23.

Para Hegel, a diferencia de Kant, la inteligibilidad o el orden racional, posibilitaría una investigación transfenoménica o nouménica que apela a una “razón” (*nous*) en el objeto mismo, en la cosa en sí considerada como razón no consciente, a la cual podríamos acceder por medio del desenvolvimiento racional<sup>28</sup>. Bachelard, continuando esta tesis a partir de la física contemporánea, plantea que después del racionalismo mecánico de la física clásica, el racionalismo dialéctico nos permite ir más allá del fenómeno hasta el noumeno, es decir, hasta a la lógica categorial intrínseca al objeto. “Es preciso forzar a la naturaleza a ir tan lejos como nuestro espíritu”<sup>29</sup>.

Como lo cuestionó Hegel en contra de Kant, los conceptos expresan tensiones y transformaciones de contrarios y no permanecen insulares. En la dialéctica de las categorías de la filosofía hegeliana —como una expresión de la nueva forma de racionalidad— desaparece la separación entre sustancia y causa, entre forma y contenido: se produce la vinculación e incidencia recíproca de los conceptos<sup>30</sup>. En las teorías físicas derivadas de la relatividad, las conclusiones de las transformaciones espacio-temporales y de masa-energía son dialécticas, en el sentido de conformar vinculaciones de contratensiones que implican transformaciones y reciprocidades, al mismo tiempo que su deducción es matemática y con-

ceptualmente constructiva. En física relativista la producción teórica no es “místico-especulativa” como en la filosofía hegeliana; su dialéctica se elabora sobre el modelo de la construcción que radicaliza la relatividad del movimiento de la física de Galileo y la geometrización de la física cartesiana.

Cuando se cuestionó la geometría euclidiana como única posibilidad de pensar las relaciones espaciales, desapareció la antinomia del espacio y sus contradicciones; en su lugar surgió una nueva “tensión” conceptual: un espacio *finito e ilimitado*. Con la Teoría General de la relatividad aplicada a los agujeros negros, en principio, desaparece también la antinomia del tiempo, al menos en los términos propuestos por Kant y, de modo similar a la solución de la antinomia del espacio, surgió la “tensión” de un tiempo *finito sin fronteras*.

Si las antinomias del espacio y el tiempo eran las objeciones más fuertes para el conocimiento de la naturaleza como objetividad trasfenoménica —pues conducía a contradicciones— la eliminación de esta objeción volvió a abrir las puertas para conocer su “lógica interna” como formas de la materialidad en reciprocidad dialéctica con su contenido.

Los límites de la razón, así como los límites de la experiencia, se desplazaron. Los problemas cosmológicos de la metafísica que no eran susceptibles de experiencia, pudieron ser abordados por las ciencias físicas desde el momento en que fueron redefinidas sus condiciones y desde cuando se hizo posible construir teorías transfenoménicas con con-

28 Cfr. HEGEL, G.W.F. Fenomenología del espíritu. México: Fondo de Cultura Económico, 1971, p. 90

29 BACHELARD, Gaston. La filosofía del no. Buenos Aires: Amorrortu. 1970, pp. 28-35

30 Cfr. HEGEL, G.W.F. Ciencia de la lógica. 2º ed. Trad. Augusta y Rodolfo Mondolfo, Buenos Aires: Solar-Hachette, 1969, pp. 195-198.

secuencias experimentales instrumentales e indirectas.

Si suponemos la inteligibilidad del mundo con la tesis según la cual “lo que es real es racional”, no obstante, tendríamos que introducir todas las relaciones de incertidumbre y probabilidad de la física contemporánea —y, en general, del conjunto de las ciencias— que Einstein no deseaba admitir por cuanto creía en una racionalidad de legalidades más determinista.

Aunque el pensamiento pueda penetrar en la “lógica interna” del objeto natural, ésta será siempre cosa-en-sí-para-nosotros o accesible sólo como un realismo racional hipotético. Las teorías, para ser consideradas como verosímiles, deben aparecer en las consecuencias fenoménicas, y por lo tanto, tendrían que ser dadas a nuestra sensibilidad espacial y temporal, a través de complejos instrumentos cuyos “datos” fenoménicos son interpretados a la luz de la teoría —como en el caso de los efectos de los agujeros negros—. La cosa en sí no es necesariamente incognoscible en su totalidad, pues en este caso sólo sería un objeto vacío, dice Hegel, no obstante, siempre se con-

servará como un límite de nuestro conocimiento; así la idea de la inteligibilidad interna del objeto tendría que estar correlacionada con el principio regulativo de la investigación indefinida, propuesta por Kant, pues nunca podríamos tener la certeza del conocimiento total de la cosa misma. La inteligibilidad en la apropiación del mundo, como cosa-en-sí-para-nosotros, de todos modos sigue siendo un principio metodológico regulativo, las ciencias proceden “como si” el mundo fuera inteligible. Al parecer, esta suposición no es demostrable en términos de una certeza absoluta, pero tenemos razones suficientes para admitirla justificada por nuestra producción científico-técnica.

El conocimiento de la naturaleza supone un tiempo (retrospectivo y prospectivo) y un espacio de la subjetividad, que es diferente al espacio-tiempo de la naturaleza. No obstante, como seres naturales y sociales que somos, estas “condiciones *a priori*”, dependen tanto del aprendizaje como de la racionalidad cambiante en la historia científico-filosófica y por lo tanto se enmarcan en un *a priori* histórico.