

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

**FACULTAD DE FILOSOFIA
Departamento de Filosofía IV**



**LA CRÍTICA DE LA RAZÓN PURA COMO ONTOLOGÍA
A PRIORI DE LA NATURALEZA**

**MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR
Juan Cano de Pablo**

Bajo la dirección del doctor:
Antonio M. López Molina

Madrid, 2006

ISBN: 978-84-669-2909-7

La Crítica de la razón pura
como ontología *a priori* de la naturaleza



Universidad Complutense de Madrid
Departamento de Filosofía IV
(Teoría del Conocimiento e Historia del Pensamiento)
Juan Cano de Pablo

Marzo 2006

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE FILOSOFÍA
DEPARTAMENTO DE FILOSOFÍA IV
(TEORÍA DEL CONOCIMIENTO E HISTORIA DEL PENSAMIENTO)

***LA CRÍTICA DE LA RAZÓN PURA COMO ONTOLOGÍA
A PRIORI DE LA NATURALEZA***

Tesis presentada por Juan Cano de Pablo, para la
obtención del grado de Doctor.
Dirigida por el Dr. D. Antonio M. López Molina.

A mis padres, Lucinia y Timoteo

En ti, espíritu mío, mido los tiempos. A ti te mido cuando mido el tiempo. No quieras perturbarme, que así es; que no te confundan tus perturbaciones afectivas. En ti, repito, mido los tiempos. Las cosas que te salen al encuentro producen en ti una afección permanente, mientras ellas pasan y desaparecen. Mido la afección en la existencia presente, no las cosas que pasaron para producirla: eso es lo que mido cuando mido el tiempo.

San Agustín. *Confesiones*. Libro XI, 27, 36.

| | |
|---|----|
| Introducción | 1 |
| PRIMERA PARTE. Física y metafísica en los escritos precríticos. | |
| <i>I. La filosofía de Kant como superación del dualismo moderno</i> | 13 |
| I.1. La matemática griega, 14. I.2. El método galileano, 16. I.2.1. La hipótesis de Galileo, 20. I.3. La algebrización de la geometría, 21. I.3.1. Ciencias positivas y filosofía en la Modernidad, 23. I.4. Las fuentes filosóficas de Kant, 27. | |
| <i>II. La evolución del concepto de espacio en los escritos precríticos</i> | 32 |
| II.1. Libros, artículos y opúsculos, 33. II.2. Fuerza y espacio en la disertación de 1746, 35. II.3. Mecanicismo y finalismo en la concepción del universo, 38. II.4. El espacio como acción recíproca de las sustancias según la <i>Nova dilucidatio</i> , 42. II.5. La difícil conciliación entre metafísica y geometría, 44. II.6. Nuevo concepto del movimiento y del reposo, 49. II.7. El concepto de existencia en <i>El único argumento posible para una demostración de la existencia de Dios</i> , 50. II.8. Disquisiciones sobre la aplicación de la <i>oposición privativa</i> a los conceptos filosóficos, 51. II.9. Método y metafísica en <i>La investigación sobre la nitidez de los principios de la teología natural y de la moral</i> , 54. II.10. Crítica al racionalismo en <i>Sueños de un visionario</i> , 56. II.11. Explicación del concepto de <i>espacio absoluto</i> en <i>Del primer fundamento de la diferencia entre las regiones del espacio</i> , 58. | |
| <i>III. La nueva concepción del espacio y el tiempo: De la Dissertatio a la Estética trascendental</i> | 63 |
| III.1. La nueva concepción del espacio y el tiempo en la <i>Dissertatio</i> , 64. III.1.1. Génesis y concepción del espacio y el tiempo, 64. III.1.2 Separación y relaciones entre la sensibilidad y el entendimiento, 68. III.1.3. El espacio y el tiempo como formas del mundo sensible, 72. III.2. Comparaciones entre la <i>Dissertatio</i> y la <i>Crítica</i> , 74. III.3. Transición de la <i>Dissertatio</i> a la <i>Estética trascendental</i> , 79. III.3.1. 1772: Carta a Marcus Herz (21-2-1772) (Ak., X, 129-135), 80. III.3.2. Del 75 al 80, 82. | |
| SEGUNDA PARTE. La Crítica de la razón pura como fundamentación ontológica de la ciencia newtoniana. | |
| <i>IV. Elementos fundamentales de la Mecánica de Newton</i> | 87 |
| IV.1. Realismo espacial y temporal, 88. IV.2. Los atributos del espacio en la Física newtoniana, 90. IV.3. Características del espacio absoluto de Newton, 92. IV.4. Tipos de movimiento, 93. IV.4.1. Movimiento rectilíneo, 93. IV.4.2. Movimiento acelerado, 94. IV.5. La noción de fuerza, 96. IV.6. Las leyes fundamentales del movimiento, 98. IV.7. El cálculo diferencial, 101. IV.8. Creencias físico-religiosas, 104. IV.8.1. Teología, 104. IV.8.2. Dios y el espacio, 105. IV.8.3. Alquimia, 106. IV.9. Crítica de Mach al espacio absoluto de Newton, 107. | |

V. La Filosofía trascendental como epistemología de las Ciencias físico-matemáticas..... 110

V.1. De nuevo la filosofía de Wolff. ¿Cómo son posibles los juicios sintéticos *a priori*?, 111. V.2. Hume y la reforma de la metafísica, 114. V.3. Lo peculiar de la metafísica como conocimiento, 116. V.4. Las ciencias fácticas sintéticas *a priori*, 118. V.4.1. La matemática pura, 118. V.4.2. La ciencia pura de la naturaleza, 121. La deducción trascendental basada en la síntesis pre-categorial, 122. V.5. Fundamentación de las Ciencias físico-matemáticas: los principios fisiológicos, 124. V.5.1. Principios matemáticos, 128. Axiomas de la intuición, 128. Anticipaciones de la percepción, 130. V.5.2. Principios dinámicos, 132. Analogías de la experiencia, 132. Postulados del pensamiento empírico, 133. V.5.3. Analogías de la experiencia y leyes del movimiento, 135. Principio de inherencia o de permanencia de la sustancia, 135. Principio de causalidad, 138. Principio de interacción, 140.

VI. Fundamentación metafísica de la Mecánica newtoniana..... 143

VI.1. Sentido de una Metafísica de la Naturaleza, 144. VI.2. Categorías metafísicas de la Ciencia Natural, 149. VI.2.1. Categorías de la cantidad: Foronomía, 149. VI.2.2. Categorías de la cualidad: Dinámica, 149. VI.2.3. Categorías de la relación: Mecánica, 151. Primera ley de la mecánica (segundo teorema), 152. Segunda ley de la mecánica (tercer teorema), 152. Tercera ley de la mecánica (cuarto teorema), 153. VI.2.4. Categorías de la modalidad: Fenomenología, 153. VI.3. Las leyes de Newton en relación con los principios del entendimiento puro y con los principios metafísicos de la ciencia natural de Kant, 154.

TERCERA PARTE. Teoría de la relatividad y geometría.

VII. La Teoría de la relatividad..... 159

VII.1. El problema del éter, 160. VII.2. El experimento de Michelson-Morley, 163. VII.3. La teoría especial o restringida, 167. VII.3.1. Límite de velocidad, 169. VII.3.2. La simultaneidad, contradicción aparente, 169. VII.3.3. Contracción lorentziana del espacio, 171. VII.3.4. Dilatación relativista del tiempo, 172. VII.3.5. Espacio-tiempo, 174. VII.3.6. El espacio-tiempo fantasma de Minkowski, 176. VII.4. Teoría de la relatividad general, 178. VII.4.1. La “fuerza” de gravedad, 178. VII.4.2. El principio de equivalencia, 181. VII.4.3. Gravitación, una geometría no-euclídeana, 183. VII.4.4. ¿Cómo manejar un espacio curvo? Coordenadas gaussianas y cálculo tensorial, 186. VII.4.5. Verificaciones de la Teoría de la relatividad, 188. VII.4.6. Los “efectos” relativistas del espacio y del tiempo, 192. VII.4.7. Aspectos estéticos, 194. VII.4.8. Otros Universos relativistas, 195.

VIII. Tipos de geometría..... 199

VIII.1. La geometría en el sistema kantiano, 200. VIII.2. Lo matemático, 202. VIII.3. Geometría euclídea, 204. VIII.3.1. Demostraciones y axiomas, 206. VIII.3.2. Leibniz y el esquematismo kantiano, 208. VIII.3.3. El postulado intuitivo, 210. VIII.4. Geometría y física, 211. VIII.5. Geometría analítica, 213. VIII.5.1. Geometría cartesiana, 213. VIII.5.2. Geometría diferencial, 215. VIII.5.3. Incompletitud de los postulados euclidianos, 216. VIII.6. Geometrías no euclidianas, antieuclidianas o astrales, 217. VIII.6.1. El postulado de las paralelas, 217. VIII.6.2. La curvatura, 221. VIII.7. Formalismo, logicismo e intuicionismo, 223. VIII.7.1. Kant como precursor de las geometrías no euclidianas, 224.

CUARTA PARTE. Álgebra de la experiencia.

| | |
|---|-----|
| IX. Conocimiento empírico y conocimiento a priori | 228 |
| IX.1. Apriorismo y empirismo, 229. IX.2. Los juicios sintéticos <i>a priori</i> , 230. IX.3. El espacio y el tiempo en la estética trascendental, 234. IX.3.1. El tiempo simultáneo, 236. IX.3.2. La exposición metafísica del espacio y del tiempo, 237. <i>Espacio y tiempo como representaciones a priori</i> , 237. Espacio y tiempo como intuiciones puras, 238. IX.4. La exposición trascendental del espacio y el tiempo, 242. IX.5. El tiempo sucesivo, 249. XI. 6. Espacio y tiempo en la Analítica trascendental, 251. IX.7. Conceptos fundamentales de la deducción trascendental de 1781, 257. | |
| X. A priori y trascendentalidad: sentido de las categorías según la Deducción trascendental de 1787 | 265 |
| X.1. Entendimiento y síntesis trascendental, 267. X.2. Sentido de la síntesis categorial, 273. X.3. Pensar y conocer, 277. X.4. Esquematismo y síntesis figurada, 283. | |
| XI. Ontología a priori de la naturaleza | 289 |
| XI.1. Sentido de los principios del entendimiento puro (<i>Grundsätze</i>), 290. XI.2. Formas intuitivo-perceptivas, 295. XI.2.1. Sueños y alucinaciones, 297. XI.2.2. Principios pre-geométricos. (Axiomas de la intuición), 299. Quantum y quantitas, 301. XI.2.3. Principios perceptivos, 310. XI.3. Fuerzas y existencia, 318. XI.3.1. Relaciones temporales. (Principios de inherencia, causalidad e interacción), 319. Principio de inherencia. (Primer modo del tiempo), 325. Principio de causalidad. (Segundo modo del tiempo), 328. Relación del principio de causalidad con el de la permanencia de la sustancia, 330. Principio de interacción. (Tercer modo del tiempo), 333. XI.3.2. Modos subjetivo-existenciales (Postulados del pensar empírico en general), 337. Postulado de la posibilidad, 340. Postulado de la existencia o realidad efectiva (<i>Wirklichkeit</i>), 343. Postulado de la necesidad, 348. | |

QUINTA PARTE. Conclusiones.

| | |
|--|-----|
| Hacia una fundamentación ontológica de la Teoría de la relatividad | 356 |
| 1. Las leyes universales de la naturaleza, 357. 2. Álgebra de la experiencia y planteamientos neokantianos, 360. 3. El principio empírico de la Teoría de la relatividad, 362. 4. Álgebra de la experiencia relativista, 366. 4.1 Juicios sintéticos <i>a priori</i> de la ciencia natural relativista, 366. 4.2. Axiomas pre-geométricos de la Teoría de la relatividad, 368. 4.3. Principios perceptivos de la Teoría de la relatividad, 368. 4.4. Relaciones espacio-temporales, 370. 4.4.1. Principio de inherencia o de permanencia de la materia, 370. 4.4.2. Principio de causalidad y de acción recíproca, 371. 4.5. Postulados del pensamiento empírico, 373. 5. Conclusión final, 375. | |
| BIBLIOGRAFÍA | 380 |
| I. Obras de Immanuel Kant, 380. I.1. Edición académica, 380. I.2. Otras ediciones, 380. I.3. Traducciones consultadas, 381. II. Estudios, léxicos y comentarios, 382. III. Otros estudios relacionados con el tema, 386. | |
| - Índice de autores..... | 395 |
| - Índice de materias..... | 399 |

Abreviaturas y traducciones utilizadas de las obras de Kant.

Ak.

Kants Gesammelte Schriften herausgegeben von der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. Se citan a continuación: volumen (en números romanos), página (en arábigos).

Beweisgrund.

Der einzig mögliche Beweisgrund zu einer Demonstration des Daseins Gottes. Ak., II, 63-163 (1763). *El único argumento posible para una demostración de la existencia de Dios.* Estudio preliminar, traducción y notas de Eduardo García Belsunce, Prometeo libros, Buenos Aires, 2004.

Carta a Herz.

Carta a Marcus Herz del 21 de febrero de 1772. Ak., X, 129-135. En *Principios formales del mundo sensible y del inteligible (Disertación de 1770).* Versión castellana de José Gómez Caffarena, CSIC, Colección clásicos del pensamiento, Madrid, 1996, pp.47-52.

Correspondencia.

Correspondencia. Edición y traducción de Mercedes Torrevejano, n.º 2.525 de la Institución “Fernando el Católico” (CSIC) (Excma. Diputación de Zaragoza), Zaragoza, 2005.

De igne o Sobre el fuego, indistintamente.

Meditationum quarumdam de igne succinta delineatio. Breve bosquejo de unas meditaciones sobre el fuego. Ak., IX, 369-394 (1755, publicado en 1838). En *Opúsculos de filosofía.* Introducción, traducción y notas de Atilano Domínguez, Alianza, Madrid 1992.

Deutlichkeit.

Untersuchung über die Deutlichkeit der Grundsätze der natürlichen Theologie un der Moral. Ak., II, 273-301 (1764). *Sobre la nitidez de los principios de la teología natural y de la moral.* Traducción de Roberto Torretti, Revista Diálogos, Puerto Rico, 1974

Dissertatio.

De mundi sensibilis atque intelligibilis forma et principiis dissertatio. Ak., II, 385-419 (1770). *Principios formales del mundo sensible y del inteligible (Disertación de 1770)*. Versión castellana de Ramón Ceñal Lorente, Estudio preliminar y Complementos de José Gómez Caffarena, CSIC, Colección clásicos del pensamiento, Madrid, 1996.

Gedanken.

Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte. Ak., I, 1-181 (1746 publicado en 1747). *Pensamientos sobre la verdadera estimación de las fuerzas vivas*. Traducción y Comentario de Juan Arana Cañedo-Argüelles, Peter Lang, Berna, 1988.

K.r.V. y Crítica, ambas (A y B), indistintamente.

Kritik der reinen Vernunft. Crítica de la razón pura. Ak., III, 1-ss., y IV, 1-252 (A 1781; B 1787). Prólogo, traducción, notas e índices por Pedro Ribas. Alfaguara, Madrid, 2002.

KS.

Kant-Studien.

KU.

Kritik der Urteilskraft. Ak., V, 165-485 (1790; 2 A 1793). *Crítica del Juicio*. Traducción de M. García Morente. Espasa Calpe, Madrid, 1977.

Logik.

Logik. Ak., IX, 1-150 (1800). *Lógica*. Un manual de lecciones. Edición de María Jesús Vázquez Lobeiras, prefacio de Norbert Hinske, Akal, Madrid, 2000.

MANW.

Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Ak., IV, 465-565 (1786). *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*. Estudio preliminar y traducción de José Aleu Benítez, Tecnos, Colección Clásicos del pensamiento, Madrid, 1991.

Monadologia physica.

Metaphysica cum geometria iunctae usus in philosophia naturalis, cuius specimen I continet monadologiam physicae. Ak., I, 473-487 (1756). *Uso de la metafísica unida con la geometría en la filosofía natural, cuyo primer bosquejo contiene la monadología física.* En *Opúsculos de filosofía.* Introducción, traducción y notas de Atilano Domínguez, Alianza, Madrid 1992.

Naturgeschichte o Historia natural, indistintamente.

Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels. Ak., I, 215-368 (1755). *Historia general de la naturaleza y teoría del cielo.* Traducción de Jorge E. Lunqt, prólogo de Alfredo Llanos, Juarez Editor, Buenos Aires, 1969.

Neuer Lehrbegriff.

Neuer Lehrbegriff der Bewegung und Ruhe. Ak., II, 13-25 (1758). *Nueva doctrina del movimiento y del reposo y de las consecuencias con ella ligadas en los primeros principios de la ciencia de la naturaleza.* En *Opúsculos de filosofía.* Introducción, traducción y notas de Atilano Domínguez, Alianza, Madrid 1992.

Nova dilucidatio.

Principiorum primorum cognitionis metaphysicae nova dilucidatio. Ak., I, 385-416 (1755). *Nova dilucidatio o Nueva explicación de los primeros principios del conocimiento metafísico.* Traducción de Uña Juárez Coloquio, Madrid, 1987.

OP.

Opus Postumum. Transición de los principios metafísicos de la ciencia natural a la física. Ak., XXI-XXII, 1-645 (1795-1803, publicado en 1882-1884). Introducción, traducción y notas de Félix Duque, Anthropos en coedición con la Universidad Autónoma de Madrid, Barcelona, 1991.

Orient.

Was heisst : Sich im Denken orientieren. Ak., VIII, 131-147 (1786). *Cómo orientarse en el pensamiento.* Traducción de Carlos Correas, Leviatán, Buenos Aires, 1982.

Progresos.

Welche sind die wirklichen Fortschritte, die Metaphysik seit Leibnizens un Wolffs Zeiten in Deutschland gemacht hat? Ak., XX (1790, publicado en

1804). *Sobre el tema del concurso para el año 1791 propuesto por la Academia Real de Ciencias de Berlín: ¿Cuáles son los efectivos progresos que la metafísica ha hecho en Alemania desde los tiempos de Leibniz y Wolff?* Estudio preliminar y traducción de Felix Duque, Tecnos, Madrid, 1987.

Proleg. o *Prolegómenos*, Indistintamente.

Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können. Ak., IV, 385-463 (1783). *Prolegómenos a toda metafísica futura que haya de poder presentarse como ciencia.* Introducción, traducción, comentarios y notas de Mario Caimi, Epílogo de Norbert Hinske, Colección Fundamentos n.º 153, Itsmo, Madrid, 1999.

R.

Handschriftlicher Nachlass. Reflexiones de Kant.

Respuesta a Eberhard.

Über eine Entdeckung nach der alle neue Kritik der reinen Vernunft durch eine ältere entbehrlich gemacht werden soll. Ak., VIII, 185-251 (1790). *Por qué no es inútil una nueva crítica de la razón pura: (respuesta a Eberhard).* Traducción del alemán, prólogo y notas de Alfonso Castaño Piñan, Aguilar, Buenos Aires, 1981.

Träume o Sueños, Indistintamente.

Träume eines Geistersehers, erläutert durch Träume der Metaphysik. Ak., II, 315-373 (1766). *Los sueños de un visionario explicados por los sueños de la metafísica.* Traducción, introducción y notas de Pedro Chacón e Isidoro Reguera, Alianza, Madrid, 1987.

Versuch.

Versuch den Begriff der negativen Größen in die Weltweisheit einzuführen. Ak., II, 167-204 (1763). *Ensayo para introducir las magnitudes negativas en la filosofía.* En *Opúsculos de filosofía.* Introducción, traducción y notas de Atilano Domínguez, Alianza, Madrid 1992.

Von dem ersten Grunde.

Von dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raume. Ak., II, 375-383 (1768). *Del primer fundamento de la diferencia de las regiones del espacio.* En *Opúsculos de filosofía.* Introducción, traducción y notas de Atilano Domínguez, Alianza, Madrid, 1992.

Introducción.

Lo que realmente importa para nuestra vida en este mundo son las acciones humanas. Así pues, podemos decir que lo importante no son los objetos, sino cómo se usan. Ahora bien, para poder tener una comprensión correcta de tales cuestiones debemos partir, a nuestro entender, de lo elemental para así remontarnos a lo realmente importante, es decir, al complejo mundo de las acciones humanas. No queremos decir con esto que esta investigación sea el preámbulo de una reflexión ética, ni mucho menos, sólo decimos que cada cual debiera afrontar su quehacer sin perder de vista que es un ser humano, y como tal, debe responder de aquello que hace. Tampoco nos es ajeno que todo lo que se dice conlleva consciente o inconscientemente una ideología. Nadie puede pensar desde la quinta dimensión. Ante tal perspectiva sólo queda asumir la responsabilidad de las propias acciones y, por supuesto justificarlas. Por ello tenemos la necesidad de dar una explicación coherente de lo que nos ha movido a realizar una investigación como ésta.

Muchos son los textos dedicados a Kant, a Einstein y la relación entre sus sistemas respectivos, tanto para reconciliarlos como para enfrentarlos. En el primer tercio del siglo XX la discusión entre positivistas y neokantianos fue muy notable, especialmente entre los años 1920 y 1930. La magnitud de los escritos de los autores implicados es enorme. Sirvan de ejemplo los escritos relacionados con este tema de Moritz Schlick, Rudolf Carnap, Eduard Sellien, Ernst Cassirer y Hans Reichenbach. Pero la polémica no quedó finalizada en este periodo sino que puede rastrearse hasta nuestros días, si bien sumamente debilitada. En 1933 apareció *The Nature of Mathematics* de M. Black. En 1943 encontramos a P. Drossbach con su *Kant und die gegenwärtige Naturwissenschaft*. Del año 1958 data el artículo de E. Adam “Zur erkenntnistheoretischen Bedeutung des Relativitätsprinzips”. En 1960 aparece el artículo de E. G. Ballard “A Kantian Interpretation of the Especial Theory of Relativity”. En 1963 sale a la luz el trabajo de P. Mittelstaedt *Philosophische Probleme der modernen Physik* y en 1966 el de P. F. Strawson *The Bounds of Sense*, pero ambos trabajos sólo rozan la polémica. Los años setenta aportaron dos artículos publicados en los *Kantstudien*, el primero, de J. E. Wiredu, apareció en el número 61 (1970), y el segundo en el número 66 (1965) firmado por W. H. Werkmeister. En

1977 defendió I. Strohmeyer su tesis doctoral *Transzendentalphilosophische und physikalische Raum-Zeit-Lehre. Eine Untersuchung zu Kants Begründung des Erfahrungswissens mit Berücksichtigung der speziellen Relativitätstheorie*. En los 80 destacan autores como Arthur I. Miller, W. Balzer y K. Hentschel quien contribuyó a la polémica con un artículo publicado en el número 78 (1987) de los *Kantstudien*. En España el desarrollo de la polémica ha sido más bien escaso. Destacaremos el artículo de R. Torretti “La geometría en el pensamiento de Kant” publicado en *Anales del seminario de metafísica*, de la Universidad Complutense de Madrid, número IX (1974). La tesis doctoral de A. Rioja *Etapas en la concepción del espacio físico* (Defendida en 1982 y publicada por la Editorial de la Universidad Complutense de Madrid en 1984) llega a rozar este tema en el apartado cuarto de su sexta parte: “La intuición del espacio y la concepción kantiana de la geometría”. En el año 2003 han aparecido un par de trabajos sobre la relación Einstein-Kant. El libro de A. González Ruiz *La nueva imagen del mundo. El impacto filosófico de la Teoría de la relatividad* se ocupa directamente de este tema, recopilando abundante bibliografía y comparando las principales tesis defendidas en la polémica. El segundo trabajo al que nos referimos es el de R. Parellada *La idealidad del espacio. La filosofía trascendental y el desarrollo de la geometría*. Publicado por la Universidad Politécnica de Valencia. El trabajo de A. González deja abierta la cuestión, expone los hechos y sus interpretaciones, pero deja en manos del lector la última palabra. El texto de R. Parellada concluye la inviabilidad de la teoría kantiana en la fundamentación filosófica de las estructuras espaciales no euclídeas.

Así pues, nuestra investigación vendría a sumarse a este tímido resurgimiento que la polémica Einstein-Kant (tal como la llama A. González) está teniendo en España. Ciertamente no pretendemos que nuestra posición sea innovadora, más bien nuestra intención fundamental ha sido, desde el principio, comprender lo mejor posible un sistema de filosofía. Creemos que la única manera de entender eso que llamamos Filosofía pasa por comprender un sistema, porque en todo sistema aparecen los temas fundamentales que la razón no puede dejar de plantearse. Una investigación no es nunca una pérdida de tiempo, incluso aunque no revierta en un interés pragmático. De todos es sabido que muchos pensadores prefirieron pasar hambre antes que renunciar a sus investigaciones.

El predicado del título de nuestra investigación está tomado de un tratado de Edmund Husserl llamado *Ciencia de la realidad e idealización. La matematización de la naturaleza*. Aparece en el decimotercer párrafo, en el cual se realizan varias preguntas:

¿Pero puede distinguirse realmente de esta forma una *ontología a priori de la naturaleza* frente a una *metodología* apriórica de una posible determinación de una naturaleza en sí a partir de las experiencias de ella? ¿Cómo alcanzo yo, el que conoce, el conocimiento ontológico apriórico de la naturaleza? Yo vivo entonces en posibles experiencias, en posibles percepciones y posibles juicios perceptuales. ¿Qué pertenece a lo idéntico mismo en todo cambio de las formas de aparición sensibles, toda vez que, por lo demás, éstas tienen que converger en la concordancia de identidad y tienen que poder posibilitar determinaciones idénticas?¹

La expresión “ontología de la naturaleza” también aparece en el discípulo de Husserl, Martin Heidegger, como sinónimo de lógica trascendental.² Debido a esto pudiera parecer que la investigación está orientada hacia la fenomenología, pero no es así. No obstante, el planteamiento inicial de *La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental* fue determinante a la hora de plantearnos la idea rectora de la investigación. En concreto, nos sirvió para entender que el proceso de construcción de la experiencia posible, del cual la matemática es parte necesaria (Física matemática), puede entenderse como la aplicación de un esquema global, el cual consta de múltiples esquemas. Se trata de un proceso infinito y trascendental, en el cual la confirmación total viene dada en un proceso infinito por cada confirmación parcial. La ciencia toda puede ser entendida como un macro esquema, un sistema de patrones de construcción de la experiencia.

La filosofía de Kant nos recuerda que la experiencia se conforma en el trato con las cosas. Las cosas, por su parte, no son nada sin alguien que les aplique un patrón de uso. Los objetos de la producción humana llevan su patrón de uso cotidiano en su forma. La forma de los enseres humanos es una abstracción humana, por eso el objeto sin el sujeto no es más que una ruina. La forma de los objetos lleva implícita la norma de su uso. El sujeto sin objetos tampoco es nada, un aglomerado de tejidos biológicos.

¹ Edmund Husserl, *La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental*. Traducción de Jacobo Muñoz y Salvador Mas, Crítica, Barcelona, 1991, p. 292. (En adelante citaremos esta obra como *Crisis*).

² Cfr. Heidegger, M., *Los problemas fundamentales de la fenomenología*. Traducción de Juan José García Norro, Trotta, Colección Estructuras y procesos, serie filosofía, Madrid, 2000, § 7, p. 34.

El conocimiento humano se adquiere de una forma natural, ya que el ser humano, al carecer de naturaleza, carece de un mundo de la experiencia que le venga dado de manera innata. El ser humano genera su propio mundo mediante el uso de la razón; aplica sus estructuras racionales a los objetos que le rodean, sin los cuales carecería incluso de ellas. El “yo” no es nada sin sus representaciones y éstas son siempre de un “yo”. El espíritu humano no se da separado de sus objetos, el espíritu humano es el “yo” y sus representaciones objetivas. Cada objeto puede ser perfeccionado infinitamente, idealmente. La idea de infinito es la que da lugar a la matemática. La aplicación de la matemática a los objetos ha asombrado a las mentes más lúcidas, pero la matemática nace de las necesidades humanas. La agrimensura era una necesidad vital para la sociedad que la produjo, no una mera abstracción teórica. La separación entre la idea y los objetos producidos por la inclusión en el mundo fenoménico de la idea de infinito, condujo a un vaciamiento del sentido primigenio de estas producciones. El avance de la matemática no ha hecho más que agravar esta situación, hasta tal punto que la física matemática parece hablar de una pura especulación científica, que muy poco tiene que ver con el mundo que percibimos.

Sin embargo, no debemos olvidar que cada ecuación matemática que se aplica en cualquier utensilio que nos rodea está ya, por ese hecho, conectada con la experiencia. Cada avión, cada teléfono portátil, cada bomba atómica, nos recuerda que la matemática implícita en ellos no es una pura abstracción. Aunque no percibamos la matemática como tal sí percibimos sus efectos. Puedo dudar que una teoría hable sobre objetos existentes, lo que es indudable es que los enseres funcionan.

Mantener que la razón va por un lado y los objetos por otro es no entender que el conocimiento es la mezcla de ambas cosas. La geometría no euclídea no es una pura abstracción matemática desde que apareció la Teoría de la relatividad. Esta teoría explica la conexión de esta matemática con la experiencia y la amplía. La ciencia la hacen los seres humanos a la escala de las perplejidades que descubren en sus objetos. Nadie puede ser lo que es, separado de las ideas que descubre en las normas de uso de las formas objetivas. El ser humano es el animal que pone normas, por eso no es un animal cualquiera. Pero la legalidad a que el ser humano somete a los objetos no sería posible si no descubriese en los objetos la posibilidad de aplicación de tales leyes. Un objeto fenoménico es aquella representación susceptible de ser percibida, de alguna

manera, por el sujeto y que se conforma a los dictados de la experiencia posible, confirmándola en cada caso.

Como creemos que la filosofía de Kant explica de una manera verosímil el proceso del conocimiento humano, hemos querido solventar el problema que se le planteó con la Teoría de la relatividad. La nueva física parecía contradecir el fundamento mismo de la filosofía trascendental, pues parecía eliminar los juicios sintéticos *a priori* de la ciencia. Uno de los problemas fundamentales fue el hecho de que sustituyera la geometría euclidiana por una geometría riemanniana de curvatura variable. El problema que plantean las geometrías no euclídeas radica en que no hablan de objetos extraños a los sentidos, sino que tratan al objeto según una estructura diferente a como nosotros los percibimos. Estaría, por tanto, fuera de toda duda que esos objetos existen. La pregunta sería más bien si esa estructura, que no es intuitiva, puede enlazarse sintéticamente con los fenómenos, dando cuenta necesaria de sus interacciones. Para nosotros la Teoría de la relatividad haría justamente eso, es decir, ampliar el campo de lo que se puede conocer.

La existencia de la estructura no euclídea de los fenómenos viene dada de un modo comparativo, es decir, en relación con otra existencia dada según las leyes de la conexión de los fenómenos en una experiencia en general. No obstante, la dificultad que presenta una geometría no intuitiva es, en principio, irreductible para una filosofía que basa la matemática en la intuición. La Teoría de la relatividad hace del espacio-tiempo una estructura que responde a una geometría no intuitiva. Los fenómenos a los que se refiere esta geometría no son susceptibles de percepción empírica directa. Pero también estos fenómenos, como todo lo que se refiere a la experiencia, deben ser algo más que puras ilusiones. El mundo que describe la Teoría de la relatividad está al alcance de nuestro conocimiento objetivo, por eso, aunque no sea directamente intuible, puede serlo indirectamente.

La cuestión que ahora se nos plantea no es otra que la del posible significado de una percepción indirecta no intuitiva. Reflexionaremos ante todo sobre las razones profundas que hacen imposible, por principio, una percepción directa de los objetos estructurados por una geometría no euclídea. El caso es que también estos objetos son susceptibles de medida, lo que les sucede es que sus dimensiones están alteradas

respecto de la geometría euclidiana. No obstante, tenemos el factor de corrección, el cual descubrió la Teoría de la relatividad. Sabemos en qué proporción exacta afecta la curvatura del espacio-tiempo a los objetos. Tenemos una sola geometría, la cual depende de la materia del Universo. En ausencia de materia la estructura del espacio-tiempo se hace plana, es decir, euclídea. El problema es, pues, epistemológico ya que la filosofía de Kant explica el conocimiento basándose en la intuición pura. Al quedar ésta eliminada de la matemática, la ontología basada en ella parecía desmoronarse, o bien los objetos propios de la geometría no euclídea carecían de significado. Al aparecer la Teoría de la relatividad la segunda alternativa quedó sin fundamento pero, por ello mismo, tenía que darse alguna explicación ontológica satisfactoria de tales objetos.

Hemos dicho que la Teoría de la relatividad hace depender a la geometría de la materia. El concepto de materia es empírico, si es la materia la que da la estructura al espacio-tiempo ¿cómo va a ser *a priori* la ciencia físico-matemática? Planteado así el problema parece irresoluble por una filosofía como la de Kant, ahora bien, lo material sólo se percibe como fenómeno y éste se da en el espacio y en el tiempo. Las formas puras de la intuición son totalmente *a priori*, las pone el sujeto, lo que es trascendental (sintético *a priori*) es la intuición pura y los juicios que de ella se derivan. La intuición es la manera propia que el ser humano tiene de configurar los fenómenos, es decir, de dar estructura al espacio y al tiempo. Aunque la Teoría de la relatividad fuese empírica, sus leyes tienen que ser conocidas *a priori*. Aunque el concepto de materia sea empírico sus propiedades esenciales vienen determinadas *a priori* como leyes universales. Por tanto, toda teoría física supone una metafísica y ésta, a su vez, una ontología. Tal es el planteamiento de Kant y el nuestro, pero a diferencia de Kant, nosotros interpretaremos que una geometría no intuitiva también puede hablar de la experiencia posible.

Si esta posibilidad parece descabellada aún nos queda otra alternativa, la que defiende el positivismo pero, a nuestro juicio, no ofrece una solución satisfactoria al problema porque elimina toda universalidad de la ciencia, recurriendo, además, a una metafísica dogmática. Como recomienda Kant en su *Lógica* (1800) conviene pensar siempre en consonancia consigo mismo.

La Teoría de la relatividad amplía la experiencia posible y con ella el estrecho espectro del mundo de la intuición. Pero lo no-intuitivo cae fuera del ámbito de la intuición pura, tan necesaria para la filosofía de Kant. Nuestra idea ha sido postular unos esquemas de la imaginación productiva que suplan a la intuición pura en el tratamiento matemático de los fenómenos no intuitivos, y enlazarlos sintéticamente con la experiencia, mediante la percepción indirecta que los fenómenos directamente intuitivos nos ofrecen de ellos, gracias a la conexión causal que entre nuestras observaciones y estas geometrías se establecen. A estos esquemas los hemos llamado *esquemas espaciales* porque son los que estructuran los espacios no intuitivos, pero su constitución es temporal como cualquier esquema, son determinaciones trascendentales del tiempo que se aplican a su modalidad simultánea, es decir, espacial.

Si decimos que estos esquemas suplen a la intuición, tendrán que tener algún carácter intuitivo. En efecto, el tiempo requiere intuición en virtud de su irreversibilidad. Requiere ser vivido aun siendo su carácter sucesivo e irreversible *a priori*. Es decir, el tiempo no puede ser definido de manera puramente analítica, requiere una síntesis trascendental que de cuenta de las percepciones empíricas de las cuales él es la forma general. Dicho de otro modo, tiene que darse, en el conocimiento de lo intuitivo, una suerte de síntesis *a priori* de la imaginación, que sea actualizada por cada percepción indirecta de los fenómenos que responden a una estructura espacio-temporal no intuitiva. Esta síntesis nos proporciona una “figura” una *(cuasi)intuición de lo transfigural*, por eso podría denominarse una *síntesis transfigurada*, pero con ello sólo haríamos referencia a la síntesis figurada en su versión no intuitiva pura sino intuitiva intrateórica.

Lo extraño de este proceso, al que denominaremos *álgebra de la experiencia*, es que hasta la Teoría de la relatividad la ciencia físico-matemática siempre había matematizado objetos intuitivos. La física de Einstein procedió a la inversa, es decir, sensibilizó la geometría pura al aplicarla al mundo fenoménico. El desconcierto producido por este cambio en el método de la Física matemática ha hecho que se retorne a posiciones de índole cartesiana, o quizá también a postular una intuición intrateórica acaso fuera de lugar. Si esto último fuera así y la propuesta de nuestra investigación supusiera, a juicio del lector, un puro desatino, creemos, no obstante,

que tanto la investigación que la precede como la que la sustenta no carecen de todo valor. Así lo esperamos, porque hasta plantear nuestra “rectificación” hemos analizado los orígenes de la filosofía de Kant, la física de Newton, y la Teoría de la relatividad de Einstein, generándose con ello una estructura en espiral.

En conformidad con lo anterior, las tesis que vamos a defender a lo largo del trabajo son las siguientes:

1. El tiempo consta de dos modalidades: *la simultaneidad y la sucesión*. Las relaciones de simultaneidad son reversibles, pero la sucesión es de carácter irreversible, y por ello es esencialmente intuitiva. La irreversibilidad del tiempo es, en otro orden de cosas, la esencia de la libertad.
2. El *tiempo*, como forma pura del mundo fenoménico, *es el principio fundamental de la philosophia prima*. Es la *forma pura, invariable e ideal, susceptible de recibir cualquier determinación*. En este sentido es como el entendimiento paciente de Aristóteles, ya que es pura potencia para conocer, no tiene naturaleza y cuando es actualizado por el entendimiento agente se transforma en la intuición pura o intrateórica del ente mismo.³
3. El tiempo fenoménico, es decir, el tiempo del que trata la física, *o es el tiempo de la estructura euclídea del mundo* (intuición pura), o es un tiempo que se determina *por convención pero no arbitrariamente* (intuición intrateórica). Como dijo Einstein, “sólo la teoría decide sobre lo que se puede observar”.⁴
4. Los *esquemas espaciales* son determinaciones trascendentales del tiempo como forma pura de la intuición, que permiten al ser humano acceder a otras configuraciones espaciales diferentes a la euclídea, explicando el porqué de la aplicabilidad de la matemática al mundo fenoménico. Son el fundamento de los axiomas de la intuición o axiomas pre-geométricos de este proceso, al cual denominamos *álgebra de la experiencia*.

³ Cfr. Aristóteles, *Acerca del alma*. Introducción, traducción y notas de Tomás Calvo Martínez, Gredos, Madrid, 1994, p. 234 (430a 15-25).

⁴ Cfr. Heisenberg, W., *Diálogos sobre física atómica*. Traducción de Wolfgang Strobl y Luis Pelayo BAC, Madrid, 1975, p. 80.

5. Los esquemas espaciales proporcionan una *intuición intrateórica* que sustituye a la intuición pura en el proceso de construcción de los conceptos geométricos no euclidianos. Este aspecto se constata en que la geometría euclidiana diferencial es la base de las geometrías no euclídeas.
6. En lo que se refiere a la existencia de los objetos no euclidianos, es decir, de las cosas que se dan dentro de una configuración no euclídea, contamos con su percepción indirecta. Al igual que la percepción directa o indirecta permite a la imaginación productiva realizar la síntesis figurada, sólo una *percepción indirecta* posibilita llevar a cabo la *síntesis transfigurada*.
7. La *percepción indirecta* es posible en virtud de las relaciones espacio-temporales o analogías de la experiencia que se establecen dentro de un intervalo temporal. En un intervalo temporal los fenómenos están conectados causalmente, por eso definen el marco de mi experiencia posible. Lo que se da en un intervalo espacial es “experiencia fantasma” para mí.
8. Las categorías de la cualidad permiten anticipar el mundo fenoménico como una *pluralidad de magnitudes intensivas*. Por eso todo lo que acontece en el mundo fenoménico se encuentra entre los límites de la negación y un grado determinado de realidad.
9. El principio de relatividad general establece la universalidad de las leyes de la física, es un principio puro de la experiencia posible. *El principio de equivalencia es universal y necesario, porque sin él no puede aplicarse el principio de relatividad general.*

Estructura.

De esta forma, la argumentación ha quedado estructurada del siguiente modo:

1. El trabajo comienza dando una visión general de la ruptura realizada por Descartes entre *res cogitans* y *res extensa* como la causante del vaciamiento de sentido que se produjo en la matemática durante toda la modernidad, y que lejos de solventarse se incrementa cada vez más. La reconstrucción de tal vaciamiento de sentido se inspira en el legado de Husserl el cual nos produjo un enorme impacto.⁵

Tras ofrecer esta primera visión de conjunto del panorama filosófico de la Modernidad, nos dedicamos al estudio de los *textos precríticos* más relevantes de la filosofía de Kant. El conocimiento de este periodo es necesario para entender, no sólo los motivos que impulsaron a Kant a redactar una obra como la *Crítica de la razón pura*, sino también, y sobre todo, la misma Filosofía crítica. La concepción del espacio y el tiempo como idealidades se comprende a la luz de toda la problemática acerca de la Física, de la interacción alma cuerpo y de la oposición lógico-real que Kant sigue en esa etapa previa a la redacción de la *Crítica*.

2. La segunda parte de la tesis *entiende la Filosofía de Kant como una fundamentación ontológica y metafísica de la ciencia*. Por supuesto, la filosofía de Kant es mucho más que eso pero, indudablemente, también es eso, máxime en los textos que esta investigación considera. Hemos creído pertinente plantear en sus rasgos generales la Física newtoniana, de esta manera tenemos presente el polo empírico de la cuestión. A continuación pasamos a exponer el otro polo, el ontológico, el cual es puramente *a priori*. Finalmente nos ocupamos de la fundamentación metafísica de la ciencia natural, la cual es una suerte de fusión entre los polos mencionados. De esta manera queda evidenciada la relación entre los Principios puros del entendimiento y las leyes de la Física, junto con los principios metafísicos que las sostienen.

3. La tercera parte trata de la *Teoría de la relatividad de Albert Einstein y las geometrías no euclídeas*. Estas novedades supusieron un grave problema para las concepciones filosóficas de la teoría kantiana. Son el reto que nos proponemos

⁵ En este sentido, véase muy especialmente el § 9 de *La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental*.

solventar en la cuarta parte de la investigación. Por el momento, en esta tercera parte, nos damos por satisfechos con plantear tales innovaciones respecto de la ciencia newtoniana con la suficiente coherencia y claridad.

4. Llegamos así a la cuarta parte, a la que hemos denominado *Álgebra de la experiencia*. Este es sin duda el núcleo de la investigación, ya que en ella se plantea la inclusión de un elemento nuevo, aunque no extraño, en la fundamentación que supone la *Crítica de la razón pura* de Kant. Tal elemento es el *esquema espacial o intuición intrateórica*. Con él nos proponemos compatibilizar la Filosofía de la matemática de Kant con las geometrías no euclídeas. Si entendemos que la Filosofía de Kant no queda refutada con la Teoría de la relatividad tenemos que ver cómo pueden entenderse las geometrías no euclidianas desde el sistema elaborado por Kant.

5. En la última parte y, a modo de conclusión, nos proponemos mostrar que la idea rectora de la Teoría de la relatividad de Einstein es enteramente kantiana. La concepción positivista elimina de la ciencia todo vestigio de juicios sintéticos *a priori* que pudiéramos encontrar. Nosotros, por el contrario, entendemos que los postulados de la Teoría de la relatividad pueden considerarse juicios sintéticos *a priori*. Por supuesto, no tomamos esta conclusión como algo completo y acabado, sino como propedéutica de una posible fundamentación metafísica de la ciencia natural relativista.

Primera parte

Física y metafísica en los escritos precríticos.

Dios hubiera podido elegir otra [se refiere a la Ley de Gravitación Universal], por ejemplo, la proporción inversa al cubo de las distancias; [...] por último, que de otra ley, se habría derivado una extensión de otras propiedades y dimensiones. Una ciencia de todas estas posibles clases de espacios sería con toda seguridad la más alta geometría abordable por un entendimiento finito. 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.

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

I. La filosofía de Kant como superación del dualismo moderno.

I.1. La matemática griega. I.2. El método galileano. I.2.1. La hipótesis de Galileo. I.3. La algebrización de la geometría. I.3.1. Ciencias positivas y filosofía en la Modernidad. I.4. Las fuentes filosóficas de Kant.

I.1. La matemática griega.

El descubrimiento en la Grecia antigua del infinito ya generó problemas a la razón teórica. Las famosas paradojas de Zenón de Elea (siglo V a.C.) son buena prueba de ello. Lo que no hicieron los geómetras griegos fue matematizar las cualidades sensibles específicas (plétoras). La radical diferencia con la modernidad consiste en la matematización de las magnitudes intensivas que dará lugar a la nueva ciencia natural, es decir, a la ciencia físico-matemática. Tan decisivo acontecimiento no surgió en Grecia porque la estructura de su Universo no coincidía plenamente con su geometría. La geometría que presentó Euclides aproximadamente en el año 300 a.C. en los *Elementos de geometría* presentó un espacio infinito. El Universo de la astronomía aristotélico-ptolemaica, sin embargo, tenía un último cielo, el orbe de las estrellas fijas, la bóveda celeste. Este fue el problema que intentaron resolver los filósofos griegos. El problema filosófico de la modernidad será otro, puesto que la concepción del mundo como *res extensa* eliminará la discrepancia entre geometría y física. La filosofía moderna constituye el supremo esfuerzo de justificar tal concordancia. La geometría aplicable en el mundo Griego tenía que haber sido esférica, pero la geometría euclidiana es plana, las geometrías no euclidianas o del espacio curvo no se descubrirían hasta el siglo XIX.¹ La geometría euclidiana postulaba un espacio homogéneo y por tanto isótropo, es decir, un espacio en el que no hay regiones privilegiadas. La concepción del espacio físico en la modernidad permitió una total adecuación de la geometría euclidiana a la física, rompiendo así con el finitismo aristotélico. Dicho de otra manera, para que la estructura del espacio geométrico coincida con la estructura del espacio físico se tiene que dar uno de estos dos supuestos: 1) Concebimos un espacio infinito (*res extensa*). 2) Aplicamos una geometría no euclidiana.²

¹ Precisamente fue gracias a la identificación del mundo con la *res extensa* como se llegaron a descubrir las geometrías no euclidianas. Debido a la progresiva matematización de las cualidades sensibles específicas, cada vez más esquivas a la matemática existente, se tuvo la constante necesidad de aumentar la precisión de los caracteres que definen la estructura del espacio físico y el geométrico.

² Visto así el problema estaríamos tentados a entender la teoría general de la relatividad de Albert Einstein como el retorno a un modelo de Universo griego, pero ahora con la geometría adecuada. Recordemos que sólo con las geometrías no euclidianas se puede hablar de un espacio esférico y por tanto ilimitado pero finito. Para la geometría euclidiana, que el espacio sea ilimitado significa que es infinito.

La idea de un Universo infinito acorde con la geometría, junto con el aumento en la precisión del instrumental matemático, hará que la ciencia matemática avance rápidamente en la edad moderna.³ No vamos ni siquiera a mencionar a todas las personas que participaron en esta labor, pero al menos nombraremos a los fundamentales.

Para Nicolás de Cusa (1401-1446) y Leonardo da Vinci (1452-1519) la filosofía natural consistía en establecer relaciones entre diferentes magnitudes, pero habrá que esperar hasta el siglo XVI para que este proyecto comience a ser algo más que un mero tanteo. En la primera mitad del siglo encontramos a Nicolás Copérnico (1473-1543). Copérnico quiso resolver la discrepancia existente entre el mundo y la matemática:

Así pues, en el proceso de exposición que los matemáticos reclaman como propio se encuentran que han omitido algún elemento necesario o que han admitido algún elemento extraño y en modo alguno perteneciente a la realidad. Todo ello se hubiera evitado siguiendo unos principios prefijados, pues en el supuesto que las hipótesis admitidas no fueran falaces, todo cuanto pudiera referirse a ellas podría ser verificado sin lugar a dudas.⁴

También en esta primera mitad aparece Niccolò Fontana más conocido como Tartaglia (el tartamudo) (1500-1557), el cual desarrolló sus teorías sobre balística desde una concepción eminentemente matemática. Sin embargo, el que podemos considerar como auténtico precursor de la filosofía natural moderna es Giambattista Benedetti (1530-1590). Benedetti, discípulo de Tartaglia, comenzó a aplicar la “*philosophia mathematica*” a la ciencia natural. En *Especulaciones matemáticas y físicas* (1585) mostró su convencimiento de que la razón es capaz por sí misma de conocer la verdad merced al instrumental matemático. Por todo ello se le considera como el principal precursor de Galileo Galilei (1564-1642).

Antes de llegar al que sin duda fue el hombre clave en la matematización de la naturaleza, es decir, Galileo, debemos al menos mencionar a Tycho Brahe (1546-1601). Aunque el sistema ticomónico supusiera un freno a la aceptación del giro copernicano, la increíble precisión de sus observaciones contribuyeron al proceso

³ La balanza se constituyó en una herramienta fundamental para la ciencia de la naturaleza.

⁴ Final de la Carta-prefacio del *De revolutionibus orbium caelestium* (1543), en la que dedica su obra al Papa Pablo III. En Thomas S. Kuhn, *La revolución copernicana. La astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento*. Traducción de Domènec Bergadá, Ariel, Barcelona, 1996, p. 190.

que estamos bosquejando. Brahe acumuló más datos y más precisos que los que se obtuvieron en todas las demás mediciones astronómicas realizadas hasta la invención del telescopio. Sin instrumentos, excepto una esfera y un compás, consiguió detectar graves errores en las tablas astronómicas de la época y se dispuso a corregirlos. Para ello diseñó y construyó muchos instrumentos sorprendentemente precisos. Además comenzó a efectuar mediciones regulares de los planetas, cosa que hasta entonces no se hacía.

Johannes Kepler (1571-1630) utilizó entre 1609 y 1619 los datos de Brahe para formular matemáticamente las leyes del movimiento que establecen las relaciones numéricas que rigen el curso de los planetas. Galileo dio la expresión matemática de las leyes de la caída de los cuerpos algo después, entre 1632 y 1638. Tanto Kepler como Galileo se aplicaron con paciencia a descubrir las leyes cuantitativas que relacionan las sustancias naturales, pero fue Galileo es el que estableció el método de la ciencia natural moderna.

I.2. El método galileano.⁵

El método que comienza con Galileo⁶ y se extiende a toda de la ciencia de la naturaleza, y debido a su éxito también a la filosofía, se basa en estos supuestos:

- I. Las causas primeras y las esencias no pueden ser objeto de ciencia porque no son verificables y no pueden someterse mediante hipótesis a una experimentación que demuestre su necesidad.
- II. Hay dos tipos fundamentales de conocimiento:

El extensivo: Mediante el conocimiento extensivo acumulamos observaciones que nos permiten formular leyes inductivas. No nos proporciona, por tanto, un grado de certeza suficiente.

⁵ Para la redacción de este apartado hemos seguido el § 9 de *Die Krisis der Europäischen Wissenschaften und die Transzendente Phänomenologie* de Edmund Husserl. Hemos prestado gran atención en lo que se refiere a los rasgos generales de la gestación de la ciencia de la naturaleza moderna. Sin embargo, no entramos en la concepción fenomenológica ni en la crisis de las ciencias y de la filosofía.

⁶ Sobre la biografía intelectual de Galileo *Vid.*, Rioja, A.; Ordóñez, J., *Teorías del universo*. Vol. 1, Síntesis, Madrid, 1999, pp. 226-236.

El intensivo, por el cual conocemos las cosas necesariamente. Como sucede en las leyes matemáticas.⁷

Siendo el número de cosas por observar infinito, el conocimiento extensivo no puede compararse con el conocimiento divino. Sin embargo, el conocimiento intensivo es tan seguro como éste.⁸ La diferencia con la inteligencia divina, en lo tocante al conocimiento intensivo, es que Dios conoce todos los conocimientos intensivos que pueden darse y los seres humanos no.⁹

III. La naturaleza se rige por leyes simples y cuantificables. El por qué del cambio y del movimiento de los objetos es reducible, en último término, a relaciones matemáticas.¹⁰

No debemos confundir las magnitudes extensivas y las intensivas en sentido kantiano, es decir, los axiomas de la intuición y las anticipaciones de la percepción con los tipos de entendimiento humanos que concibe Galileo. Galileo dice por boca de Salviati contestando a Simplicio lo siguiente:

SALVIATI. Vuestra crítica es muy aguda. Y para responder a la objeción conviene recurrir a una distinción filosófica, diciendo que “comprender” se puede tomar de dos modos, es decir *intensiva* (intensive) o bien *extensivamente* (extensive). *Extensivamente*, esto es respecto a la multitud de los inteligibles, que son infinitos, la

⁷ El conocimiento intensivo proporciona un grado de exactitud *in infinitum*, por ello la matematización de las cualidades sensibles específicas (pléoras), aunque sea una co-matematización indirecta, permite un conocimiento matemático (cuasi)perfecto. El cálculo infinitesimal aplica este principio del conocimiento intensivo (su “infinito” grado de exactitud) a las diferentes magnitudes. Así, la geometría diferencial consiste en aplicar a las magnitudes extensivas el principio de las magnitudes intensivas. Estos conceptos serán objeto de nuestra reflexión más adelante. Cfr. inf., 101-103, 130-131, 215-216, 310-317, 368-369.

⁸ Los procesos lógico-deductivos son los que llevan del puro entendimiento extensivo al intensivo. La observación de la naturaleza nos conduce inductivamente a una hipótesis que se justifica mediante una ley necesaria de causa y efecto.

⁹ La progresiva matematización de la naturaleza consistirá en ir relacionando las cualidades sensibles específicas (pléoras) con sus formas matematizables, que Dios conoce ya siempre. En muchas ocasiones a las unidades de medida de las diferentes cualidades sensibles específicas descubiertas se les pondrá el nombre de su descubridor, sirvan como ejemplo las siguientes: grado Celsius (°C), grado Fahrenheit (°F), grado Kelvin (°K), grado Rankine (°R), grado Réamur (°R), microcurie (μc), angström (Å), amperio (A), bushel (bu), newtons (N), pascal (Pa), culombio (C), clausio (Cl), gauss (G), galileo (Gal), gilbert (Gb), constante de Planck (*h*), henrio (H), hertzio (Hz), número de Avogadro (*N*), maxwell (Mx), julio (J), constante de Boltzmann (*k*), roentgen (r), rutherford (rd), poundal (Pdl), poiseuille (Pl), rydberg (Ry), estenio (sn), siemens (S), stokes (St), unidad sunshine (SU), torricelli (Torr), unidad Mache (UM), unidad X de Siegbahn (UX), weber (Wb), O de convenciones: British thermal unit_{mean} (BTU_{mean}), dosis EBR (Σ), etc... Fuente: Diem, K. (Redactor), *Tablas Científicas*. J. R. Geigy, Basilea, 1965, p. 205.

¹⁰ El principio de simplicidad lo recogieron Galileo y Kepler de Copérnico y lo transmitieron a Leibnitz, Kant y Goethe.

comprensión humana es como nada, aunque entendiésemos mil proposiciones, porque mil respecto a la infinidad es como un cero. Pero tomando el “comprender” *intensivamente*, en cuanto que esta expresión significa la intensidad, es decir, la perfección del conocimiento de cualquier verdad individual, digo que el intelecto humano comprende algunas tan perfectamente y tiene de ellas una certeza tan absoluta como pueda tenerla la propia naturaleza. A estas verdades pertenecen los conocimientos puramente matemáticos, es decir la geometría y la aritmética, de las cuales el intelecto divino sabe infinitas proposiciones más, porque las sabe todas, pero creo que el conocimiento de las pocas comprendidas por el intelecto humano iguala al divino en certeza objetiva, puesto que llega a comprender su necesidad, sobre la cual no parece que pueda haber seguridad mayor.¹¹

Precisamente esta comparación entre la comprensión humana y la divina fue uno de los puntos que la comisión especial nombrada por el papa Urbano VIII (1568-1644), a raíz de la publicación del *Diálogo* en 1632, remitió al Santo Oficio como elemento inculpatario.

Para alcanzar un conocimiento riguroso de la naturaleza hay que tener una correcta comprensión tanto de lo extenso como de lo intenso. El conocimiento científico sólo puede tener como objeto un mundo mensurable.¹² Tal cosa sólo es posible mediante la infinitud que introduce la matemática en todas las regiones de lo visible y lo invisible. De ahí que la idea de infinito sea la que demande un Ser Infinito que la insuffle en el alma humana, garantizando así la verdad de nuestros conocimientos parciales.

La matemática permite crear una estructura espacial y temporal ideal y obtener (mediante la medida que ella misma dirige) un conocimiento objetivo real referido aproximativamente a sus propias idealidades.¹³ La aplicabilidad universal de la matemática hace que el mundo natural esté lleno de infinitudes en virtud de la causalidad general que lo gobierna. “Vemos que *en razón de una regulación causal universal todo cuanto existe en el mundo tiene una inherencia recíproca general mediata o inmediata.*”¹⁴ Toda esta inductividad (universal y particular del mundo) supone como evidente una causalidad universal exacta. Debido a esto el método galileano concibe el experimento en función de su demostración lógica, no en

¹¹ Galileo Galilei. *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*. Vol. VII de las *Opere*, p. 129. Traducción de Antonio Beltrán Marí, Alianza (RBA), Barcelona, 2002.

¹² Posteriormente veremos con Kant como el mundo fenoménico no es propiamente un mundo. Cfr. *inf.*, 72-74.

¹³ La res extensa de la que hablará Descartes será a los objetos lo que una ecuación es a sus variables.

¹⁴ *Crisis*. Ed. cit., 31.

sustitución de ésta. El experimento deja de ser una mera contemplación de hechos para convertirse en una producción activa y razonada de hechos.¹⁵

Este giro en la concepción de la experiencia es comentado tanto por Kant como por Einstein. Kant dice en el prólogo a la segunda edición de la *Crítica de la razón pura*:

Cuando *Galileo* hizo rodar por el plano inclinado las bolas cuyo peso había él mismo determinado; cuando *Torricelli* hizo soportar al aire un peso que de antemano había pensado igual al de una determinada columna de agua; cuando más tarde *Stahl* transformó metales en cal y ésta a su vez en metal, sustrayéndoles y devolviéndoles algo, entonces percibieron todos los físicos una luz nueva. Comprendieron que la razón no conoce más que lo que ella misma produce según su bosquejo; que debe adelantarse con principios de sus juicios, según leyes constantes, y obligar a la naturaleza a contestar a sus preguntas, no empero dejarse conducir como los andadores; pues de otro modo, las observaciones contingentes, los hechos sin ningún plan bosquejado de antemano, no pueden venir a conexión en una ley necesaria, que es sin embargo lo que la razón busca y necesita. La razón debe acudir a la naturaleza llevando en una mano sus principios, según los cuales tan sólo los fenómenos concordantes pueden tener el valor de leyes, y en la otra el experimento, pensado según aquellos principios; así conseguirá ser instruida por la naturaleza, mas no en calidad de discípulo que escucha todo lo que el maestro quiere, sino en la de juez autorizado, que obliga a los testigos a contestar a las preguntas que les hace. Y así la misma física debe tan provechosa revolución de su pensamiento, a la ocurrencia de buscar (no imaginar) en la naturaleza, conformemente a lo que la razón misma ha puesto en ella y de lo cual por sí misma no sabría nada. Sólo así ha logrado la física entrar en el camino seguro de una ciencia, cuando durante tantos siglos no había sido más que un mero tanteo.¹⁶

Que Einstein comparte esta idea se aprecia en la posición que defiende en conversación con Heisenberg:

Desde el punto de vista de los principios, es completamente falso pretender fundamentar una teoría sólo sobre magnitudes observables. Porque en realidad sucede exactamente al revés: *sólo la teoría decide sobre lo que se puede observar*. Mire, la observación es, en general, un proceso, sin duda alguna complicado. El proceso que debe ser objeto de observación provoca determinados incidentes en nuestro aparato de medición. Como consecuencia de este hecho se desarrolla luego en el aparato ulteriores procesos, los cuales finalmente por medio de rodeos, graban la impresión sensible y la fijación del resultado en nuestra conciencia. A lo largo de todo este camino desde el proceso hasta la fijación de nuestra conciencia, debemos saber cómo funciona la naturaleza; debemos conocer, al menos prácticamente, las leyes de la naturaleza, si pretendemos afirmar que hemos observado algo. Sólo la teoría, esto es, el conocimiento de las leyes naturales, nos permite, en consecuencia, argumentar, a partir de la impresión sensible, sobre el proceso subyacente en el fondo.¹⁷

¹⁵ Vid., Chalmers, A. F., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Traducción de Eulalia Pérez Sedeño y Pilar López Mánez, Siglo veintiuno editores, Madrid, 1984, cap. 3. "La observación depende de la teoría", pp. 39-58.

¹⁶ *KrV.*, B XII – B XIV.

¹⁷ Heisenberg, W., *Diálogos sobre física atómica*. Traducción de Wolfgang Strobl y Luis Pelayo BAC, Madrid, 1975, pp. 80-81. El subrayado es nuestro.

Es curioso cómo estas palabras de Einstein de camino a su casa de Berlín serán recordadas por Heisenberg como la llave que le abrirá la puerta del mundo cuántico:

Tal vez fue aquella tarde, hacia la medianoche, cuando súbitamente recordé mi conversación con Einstein, y me acordé de su afirmación: “Sólo la teoría decide sobre lo que puede observarse”. Vi con claridad inmediata que la llave para abrir la puerta tan largo tiempo cerrada debía buscarla por esta vía. Por ello fui a dar todavía un paseo nocturno por el parque Fälld para meditar las consecuencias de la afirmación de Einstein.¹⁸

Volveremos sobre este tema, de momento quedémonos con que todo descubrimiento científico es, como dice Husserl,¹⁹ una mezcla de instinto y método:

En el quehacer actual de medición ejercido sobre los datos de la experiencia intuitiva no se obtienen, ciertamente, sino magnitudes empírico-inexactas y sus números. Pero la mensuración es, simultáneamente, en sí misma una técnica de mejoramiento progresivo de la “exactitud” o precisión de la medida camino de un mejoramiento creciente. No es una técnica asumible como un método definitivo para dar resultados definitivos, sino que es *al mismo tiempo un método para perfeccionar cada vez más su método* mediante la invención de medios artificiales cada vez mejores (por ejemplo instrumentos). En virtud, sin embargo, de la referencialidad del mundo a la matemática pura como campo suyo de aplicación, el “cada vez más” adquiere el sentido matemático del *in infinitum*, así cada medida adquiere el sentido de una aproximación a un polo sin duda inalcanzable, por supuesto, pero idéntico-ideal, esto es, a una idealidad determinada entre las idealidades matemáticas y, en consecuencia, a sus correspondientes formas numéricas.²⁰

Así pues, las fórmulas numéricas en que se expresan las “leyes de la naturaleza” no tienen solamente sentido aritmético, sino que manifiestan conexiones causales generales.

I.1.2.1. La hipótesis de Galileo.

Decíamos al comienzo que la diferencia fundamental con el mundo griego consiste en la matematización de las cualidades sensibles específicas. Para Galileo las cualidades sensibles específicas son subjetivas en tanto que son sensiblemente intuitivas (cualidades secundarias), por eso tienen que ser matematizadas indirectamente. Esta matematización indirecta es posible porque estas cualidades específicas vienen causalmente determinadas por unas formas directamente matematizables (vibraciones,

¹⁸ *Ibíd.*, 98; v. t. *La imagen de la naturaleza en la física actual*. Traducción de Gabriel Ferraté, Ariel (Orbis), Barcelona, 1976, p. 15.

¹⁹ *Crisis*. Ed. cit., 41.

²⁰ *Ibíd.*, 41 y 42.

ondas).²¹ La hipótesis clave de Galileo es, pues “que todo cambio imaginable de las cualidades específicas de los cuerpos intuitivos experimentables en la experiencia real y posible venga causalmente remitido a acontecimientos en la capa mundanal abstracta de las formas, que tenga, por así decirlo, *su contrafigura en el reino de las formas de tal modo que al eventual cambio total de la plétora total le correspondiera su contrafigura causal en la esfera de las formas.*”²²

El método de Galileo plantea una hipótesis *sui generis* porque su confirmación es un conjunto infinito de confirmaciones parciales, en ello radica su carácter *apriorístico*. Eso ha hecho creer a los más eminentes científicos que en su quehacer no cabe plantear hipótesis:

Hypothesis non fingo, declaraba Isaac Newton y Albert Einstein sigue también esta proposición básica.²³

Newton, el ideal de investigador exacto de la naturaleza puede decir “*hypotheses non fingo*” y en ello viene así mismo implicado que no se equivocaba en el cálculo y no cometía errores metódicos.²⁴

Esta seguridad, de la que los científicos de la naturaleza de todos los tiempos hacen gala, se incrementó aún más al depurar las leyes de la naturaleza de toda realidad intuitiva mediante la aritmetización de la geometría.

I.3. La algebrización de la geometría.

Pierre de Fermat (1601-1665) en *Introducción a la teoría de los lugares planos y espaciales* (1679)²⁵ desarrolló un sistema análogo al de Descartes. El trabajo de Fermat es impresionante, y consistió en enriquecer la geometría con la aritmética y el álgebra. La actitud de Descartes fue muy diferente. Para él la aritmética y el álgebra no sólo preceden lógicamente a la geometría, sino que además son superiores en su esencia, porque representan una ciencia de las magnitudes mucho más general. Por tal motivo pueden ser aplicadas a la geometría. Esto supone un cambio radical respecto

²¹ La posibilidad de la matematización indirecta era ya conocida en el mundo griego. La *armonía de las esferas* de los pitagóricos y la *proporción de mediación* de Platón entre los medios aritmético, geométrico y armónico son claros antecedentes del proceso de matematización indirecta. Cfr. Lawlor, R., *Geometría sagrada*. Traducción de María José García Ripoll, Debate, Madrid, 1993, pp. 80-89.

²² *Crisis*. Ed. Cit., 36.

²³ Papp, D., *Einstein: historia de un espíritu*. Espasa-Calpe, Madrid, 1985, p. 97.

²⁴ *Crisis*. Ed. Cit., 43.

²⁵ Fue publicada en ese año, pero era conocida desde 1636.

de la matemática griega²⁶ ya que la matemática algebrizada pasó a ocupar el lugar de la matemática geometrizada.

Las idealidades espaciales y temporales²⁷ (intuiciones puras) de la matemática se transformaron en formas numéricas (estructuras algebraicas) conservando su sentido espacial y temporal. El álgebra funciona como una “*caja negra*”, es decir, se abandona el significado geométrico para recuperarlo al final del cálculo. Su sentido es *simbólico*:

Las mediciones dan números de medidas y en las proposiciones generales sobre las dependencias funcionales de las magnitudes de medida, en lugar de números *determinados* dan *números en general*, enunciados en proposiciones generales que expresan leyes de dependencias funcionales.²⁸

Esto permitió un gran avance de la ciencia natural matemática, pero también supuso un vaciamiento de su sentido. Resulta evidente que la matemática nace de la interacción mutua de los objetos y los cuerpos, pero debido a la abstracción simbólica de la matemática se olvidó tal evidencia pasando a considerarse *mathesis universalis*. Descartes, en su intento filosófico de fundamentar la nueva ciencia matemática escindió el mundo en *res cogitans* y *res extensa* y, como garante de la interacción, la *res infinita*. La razón es *more geometrico* o no es nada.

A esta simbolización del mundo se añade que la hipótesis galileana, en que se sostiene la co-matematización de la plétora, lleva implícita la distinción entre cualidades primarias y cualidades secundarias. A las cualidades primarias pertenece todo lo matematizable directamente (formas extensas) o indirectamente (plétoras). Siendo las cualidades secundarias las impresiones que recibimos de nuestros sentidos y que dependen, por tanto de la constitución de tales órganos perceptivos.²⁹ Tal diferencia entre estos dos tipos de conocimiento será entendida hasta Kant, como una distinción de grado:

Pienso en la célebre teoría galileana de la mera subjetividad de las *cualidades sensibles específicas*, que poco después fue consecuentemente desarrollada por *Hobbes* como teoría de la subjetividad de todos los fenómenos concretos de la

²⁶ Incluida la matemática de Apolonio de Perga (aprox. 262-190 a.C.) y la de Pappus de Alejandría (aprox. siglo III d. C.).

²⁷ Siempre que nos refiramos a este periodo histórico preferimos hablar de espacio y tiempo en igual de usar la expresión *espacio-temporal* ya que supondría un anacronismo. El espacio y el tiempo no fueron unificados hasta principios del siglo XX por el matemático ruso Hermann Minkowski.

²⁸ *Crisis*. Ed. Cit., 45.

²⁹ Cfr. Torretti, R., *Manuel Kant. Estudio sobre los fundamentos de la filosofía crítica*. Ediciones de la universidad de Chile, Chile, 1967, apéndice III, p. 560.

naturaleza sensiblemente intuitiva y del mundo en general. Los fenómenos están sólo en los sujetos; están en ellos tan sólo como consecuencias causales de los eventos que tienen lugar en la verdadera naturaleza, eventos que, por su parte, sólo existen en propiedades matemáticas. Si el mundo intuitivo de nuestra vida es meramente subjetivo, entonces todas las verdades de la vida pre- y extra-científica, que conciernen a su ser real, son desvalorizadas. Sólo conservan algún significado en la medida en que, aunque falsas, enuncian vagamente un en-sí situado más allá de este mundo de la experiencia posible y trascendente a él.³⁰

Los físicos interpretaron que la naturaleza es matemática en su “verdadero ser en sí”. De esta manera se genera una separación irreductible entre la matemática y la ciencia natural, puesto que aquella es innata y esta es inductiva. Galileo expresaba esto al distinguir entre el intelecto extensivo y el intensivo, de ahí que la confirmación de su hipótesis se dé en un proceso infinito, es decir, siempre será una hipótesis aunque cada descubrimiento científico la confirme parcialmente:

Incluso un genio tan eminente como *Leibniz* tuvo que brasear largamente con el problema de captar en su sentido correcto una y otra existencia –es decir, universalmente la existencia de la forma espacio-temporal, en cuanto puramente geométrica, y la existencia de la naturaleza matemático-universal con su forma real fáctica– y de comprender ambas en su justo sentido, captándolas a un tiempo en su correcta relación recíproca.³¹

La situación es, cuando menos, intrigante, puesto que se está en posesión de un método que da buenos resultados pero que carece de una fundamentación clara. Los filósofos que trataron de dar una base a la nueva ciencia se extraviaron en su cometido. Se llevaron a cabo metafísicas dogmáticas que apelaban a principios trascendentes o inmanentes, pero que, en cualquier caso, mantenían una radical separación entre la razón y el ente en general.

I.3.1. Ciencias positivas y filosofía en la Modernidad.³²

Las ciencias positivas, desligadas por vez primera de la filosofía, requerían una metafísica que las dotara de cimientos sólidos. Comienza así la época de los grandes sistemas filosóficos, auténticos edificios metafísicos sustentados en dogmas. Estos sistemas intentaban garantizar la apodicticidad de las ciencias de hechos, pero seguían presos del prejuicio del mundo externo. Faltos de unidad entre sí e inconciliables unos

³⁰ *Crisis*. Ed. Cit., 56.

³¹ *Ibíd.*, 58.

³² La clasificación aquí expuesta está extraída de la entrada “El problema del mundo externo” de Juan B. Fuentes, del *Compendio de epistemología* dirigido por Jacobo Muñoz y Julián Velarde, Trotta, Madrid, 2000, pp. 407-413.

con otros dibujaron un panorama desolador. Las ciencias positivas daban sus frutos mientras que la metafísica caía en el más absoluto descrédito. Como consecuencia de esta ausencia la ciencia matemática de la naturaleza se convirtió un auténtico gigante con los pies de barro:

No se asemeja acaso la ciencia y su método a una máquina que efectúa un trabajo a todas luces muy provechoso y que por ello y en ello resulta fiable, una máquina que cualquiera puede aprender a manejar correctamente sin entender en lo más mínimo la posibilidad y necesidad internas de sus rendimientos específicos.³³

El esquema, sumamente simplificado, de la filosofía moderna es el siguiente:³⁴

A. Realismo ontológico:

- I. Sujeto inmanente (integrado)
- II. Sujeto trascendente: El sujeto cognoscente pertenece a un orden sustancial diferente (res cogitans – res extensa).

Sólo resulta compatible con el realismo gnoseológico ingenuo.

B. Realismo gnoseológico:

- a) *Ingenuo*: El sujeto refleja el mundo sin alterarlo.

Compatible con las dos alternativas del realismo ontológico.

- b) *Crítico*: El sujeto transforma el mundo al conocerlo.

Sólo es compatible con el realismo inmanente o integrado.

C. Idealismo ontológico:

- I. El mundo externo forma parte de la realidad de la actividad cognoscente.

Compatible con el idealismo alemán. Componible también con el realismo ontológico II y con el realismo gnoseológico ingenuo

D. Idealismo gnoseológico:

- a) Idealismo alemán: El conocimiento se da en el curso mismo del despliegue real.

³³ *Crisis*. Ed. Cit., 54.

³⁴ Cfr. Fuentes, J. B., art. cit., 408-409.

Compatible con el idealismo ontológico (I).

- b) Idealismo trascendental kantiano: El mundo es determinado por la propia actividad cognoscente.

Esta alternativa tiene una proximidad lógica con la figura realista compuesta por la alternativa gnoseológica (b) (realismo crítico) junto con la alternativa ontológica realista (I) (integrada).

Para referirse a la contraposición sujeto/objeto se utiliza frecuentemente la analogía espacial interno/externo. Esta analogía es más que una metáfora debido a que la concepción del espacio es determinante para cada alternativa. Podemos, pues, caracterizar cada sistema filosófico en función de la idea que tenga del espacio³⁵:

- *Realismo gnoseológico (b) (Realismo crítico)*. Compatible con la ontología realista (I) o integrada: Los sujetos son realidades espaciales o corpóreas, entre medias de las demás realidades espaciales o corpóreas (objetos cognoscibles). El mundo externo se refiere al medio entorno corpóreo-espacial que rodea e incluye a los organismos cognoscentes. Se da una dialéctica entre las relaciones cognoscitivas y las relaciones reales del espacio.
- *Ontología realista (II)*. Compatible con el realismo ingenuo: El espacio es el mundo representado. El sujeto es inextenso o monádico. Esta alternativa es componible con el idealismo ontológico. El espacio tiene dos momentos: el cognoscitivo y el real. La objetividad representante o formal de la actividad espiritual (geométrica), respecto de la realidad espacial representada (res extensa) sólo puede garantizarse por un puente ontológico (res infinita) entre los contenidos representados objetivos y la realidad representada.
- *Ontología idealista e idealismo alemán*. En esta corriente el espacio es entendido como un contenido del momento sensible (fenoménico) del conocimiento carente de cualquier realidad (esencial). Las disposiciones espaciales de los contenidos cognoscitivos quedan reducidos a meros

³⁵ *Ibíd.*, 409-410.

contenidos fenoménicos (sensibles) del conocimiento. El espíritu que los engendra es inespacial (como en el racionalismo).

- *Gnoseología idealista kantiana*. El espacio expresa la conformación trascendental sensible (fenoménica) de todo conocimiento objetivo. Ya no se da en la inmanencia ontológica de ningún espíritu. Se da una posible composición de esta concepción del espacio con la dialéctica entablada entre el realismo crítico e integrado. La lógica kantiana se presenta como imprescindible porque cuenta con el *factum* de las ciencias (mecánica newtoniana).

En la filosofía de Kant encontramos, por primera vez, una filosofía que supera la dualidad cartesiana arraigada en la metafísica de Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) y en la de Christian von Wolff (1679-1754). Tampoco cae en el escepticismo de George Berkeley (1685-1753) y de David Hume (1711-1776), y además parte del *factum* de las ciencias de su época, como no podía ser de otra manera. Es el comienzo de la filosofía trascendental:

Intentamos hacer comprensible de este modo la posición difícilmente interpretable, de Kant frente a su horizonte histórico, tomando como hilo conductor el problema de la ciencia racional de la naturaleza que inicialmente guía y determina el pensar kantiano. De particular interés es para nosotros –por decirlo primero en generalidad formal– el hecho de que en reacción contra el positivismo de datos de Hume, que en su ficcionalismo abandona la filosofía como ciencia, irrumpe, *por vez primera desde Descartes*, una filosofía científica de alto calado y estructura sistemática, a la que hay que designar como *subjetivismo trascendental*.³⁶

La filosofía trascendental da comienzo, por tanto, a un nuevo período filosófico. Su concepción inicial por parte de Kant no fue sencilla. En los escritos precríticos se observa el esfuerzo por alcanzar aquel concepto de espacio que sea coherente con la física, con la relación mente-cuerpo y con su propia idea de metafísica.

No deja de ser curioso que tantos esfuerzos caigan en el olvido y el interés perseguido, y al fin conseguido en la modernidad, de alcanzar la adecuación entre el espacio físico y el matemático se vea como una feliz coincidencia. Tal es la magnitud de la pérdida de sentido que tuvo presa a la filosofía moderna. Al parecer, la historia de la filosofía no está carente de cierta ironía. La filosofía kantiana consiste en

³⁶ *Crisis*. Ed. Cit., 102.

recobrar el sentido perdido en la filosofía anterior, causa del descrédito en que se encontraba. Kant fundó la filosofía trascendental como ontología *a priori* de la naturaleza movido por este propósito; veamos ahora la génesis de su sistema.

I.4. Las fuentes filosóficas de Kant.

La obra kantiana comprendida en las tres críticas es toda ella importante. Es decir, tan central es para la filosofía su tercera crítica como la segunda o la primera. Sin embargo las líneas centrales del pensamiento que hacen posible, al menos teóricamente, la *Crítica de la razón práctica* y la *Crítica del Juicio*, están localizadas en la *Crítica de la razón pura*. En esta obra se fundamenta la filosofía crítica de Kant, la cual no debe considerarse un sistema cerrado, sino una concatenación rigurosa de reflexiones sobre las bases racionales del ser humano.

Cuando se habla de una filosofía, a menudo se olvida frente a que y a quien está estableciendo un diálogo, es decir, los problemas que la originaron. Según las palabras del propio Kant, ese problema no es otro que el de la metafísica. En tiempos de Kant la metafísica se dividía en ontología y metafísica especial. La ontología o metafísica general era la que organizaba el conocimiento y daba sentido a la otra. Sin embargo, todo ese intrincado edificio carecía de base.

Todas las creencias y dogmas del cristianismo se sustentaban en la metafísica especial. Las personas creyentes no estaban socialmente preparadas para poner en duda tales conocimientos, a excepción de Kant que los cuestiona totalmente:

Parece casi irrisorio que mientras toda otra ciencia progresa sin cesar, en ésta, que pretende ser la sabiduría misma, cuyo oráculo consulta todo ser humano, se ponga uno a dar vueltas siempre en el mismo sitio sin avanzar ni un paso.³⁷

Era evidente que la metafísica no se podía comparar con la matemática o con la mecánica newtoniana. La metafísica no era una ciencia:

Si la elaboración de los conocimientos que pertenecen a las labores de la razón lleva o no la marcha segura de una ciencia es algo que fácilmente puede juzgarse por los resultados. Cuando, después de muchas disposiciones y preparativos, se atasca, apenas se acerca a la meta, o cuando para alcanzarla tiene que retroceder a menudo y tomar otra ruta; así mismo, cuando no es posible poner de acuerdo a los diversos colaboradores sobre la manera de cumplir el propósito común; en todos estos

³⁷ *Proleg.*, Pról., 21 (Ak., IV, 256).

casos puede uno estar seguro de que dicho estudio dista mucho de emprender la marcha segura de una ciencia y no es más que un puro tanteo.³⁸

Esta situación generó una actitud escéptica hacia la metafísica. Kant entiende que:

La razón humana tiene, en una especie de sus conocimientos, el destino particular de verse acosada por cuestiones que no puede apartar, pues le son propuestas por la naturaleza de la razón misma, pero a las que tampoco puede contestar, porque superan las facultades de la razón humana.³⁹

Por eso sabe que la metafísica no desaparecerá bajo el escepticismo, nadie se queda impasible ante los conocimientos tan excelsos que la metafísica ofrece y la razón reclama. La metafísica representa la posibilidad del conocimiento humano de conocer y no sólo de creer en cosas que no son sensoriales. La metafísica es el sistema del conocimiento *a priori*, de la razón pura. Por eso, para que pueda ser una ciencia habrá que someterla a crítica. Antes de decir algo sobre Dios o el alma hay que ver si se puede decir algo coherente, y si se puede, bajo que respecto.

Kant marca un cambio trascendental en la metafísica. La presenta como el producto de una necesidad natural del espíritu humano, en que se manifiesta la estructura inmutable de nuestra razón. Pero, es indudable que Kant se inserta en la tradición occidental de la *philosophia prima*, desde Platón y Aristóteles hasta Leibniz y Wolff. En la filosofía de Kant resuena el *organon* escolástico aunque con un sonido diferente.

Kant conocía a los principales autores de la tradición, pero no como un especialista. La historia de la filosofía se constituyó en el siglo XIX y hasta bien entrado el XX no se consiguió instaurarla plenamente en las universidades. Kant ha sido ajeno a esta práctica, él estudiaba a los autores de su época. En muchas ocasiones estos autores hoy sólo se citan como referencia a Kant. Nos referimos a Christian Wolff (1679-1754), Alexander Baumgarten (1714-1762). Martin Knutzen (1713-1751) y el antiwolffiano Christian August Crusius (1715-1775).

La filosofía que se estudiaba en las universidades alemanas era un aristotelismo influido por la escolástica de Francisco Suárez (1548-1617). A principios del siglo XVIII Christian Wolff impulsó en las universidades alemanas un

³⁸ *KrV.*, B VII.

³⁹ *Ibíd.*, A VII.

cartesianismo con rigor escolástico. Wolff distingue tres clases de conocimiento:

1. *Conocimiento histórico*: Se trata del conocimiento empírico actual.
2. *Conocimiento filosófico*: Conoce la razón por la cual suceden las cosas.
3. *Conocimiento matemático*: Conoce la cantidad de las cosas.⁴⁰

La filosofía es la ciencia de las cosas posibles en tanto que posibles. Consiste en dar razón de por qué los posibles pueden llegar a ser en acto. La filosofía es ciencia rigurosa que parte de principios ciertos e inmutables. La ontología es la ciencia del ente en cuanto ente, como en Aristóteles, Wolff respeta esta tradición pero denomina metafísica a un conjunto de disciplinas ya existentes como la ontología, la psicología, la teología; y una nueva: la cosmología o “ciencia del mundo como tal”. En la metafísica se funda separadamente la lógica, la física, la tecnología como derivado de la física y la filosofía práctica. La ontología es la disciplina que se opone a las otras tres. Mientras que la ontología trata del ente en general, las otras tratan de diversos tipos especiales de entes. Es posible que esta separación en dos partes de la metafísica moderna parta de la doble definición aristotélica de la filosofía primera. Unas veces la define como la ciencia del ente en tanto que ente, y otras veces como la ciencia de lo divino.

Evidentemente hubo otras estructuraciones más lógicas y claramente más racionales, como la de Heinrich Alsted (1588-1638) pero no trascendieron debido a que los metafísicos han estado preocupados fundamentalmente por justificar el cristianismo. El método de la metafísica debía ser el que dio Aristóteles en los *Analíticos posteriores*, el método sintético o axiomático-demostrativo, es decir, el método de las ciencias propuesto por Aristóteles y aplicado por Euclides. Sólo a los pensadores postcartesianos⁴¹ se les ocurrió aplicar a la ciencia fundamental el procedimiento propio de la ciencia. No es que la filosofía tome prestado el método de otro tipo de conocimiento, sino que se trata del método universal de la ciencia y la filosofía, como ciencia que es, debe hacerlo suyo como ya hiciera la matemática.

⁴⁰ Cfr. Wolff, Ch., *Vernünftige Gedanken von der Kräften des menschlichen Verstandes in ihrem richtigen Gebrauche in Erkenntnis der Wahrheit. Deutsche Logic*. Hildesheim, Georg Olms, 1965, § 6, pp. 115 ss.

⁴¹ Descartes mismo aprobó su uso para la exposición de la verdad metafísica.

Un error frecuente es asociar a Leibniz con Wolff y llamar a esa filosofía leibnizowolffiana. Wolff acepta la división de los entes finitos en almas y cuerpos. Leibniz había superado el dualismo cartesiano de la sustancia extensa y la sustancia pensante, concibiendo todos los seres según un modelo único: la mónada o sustancia simple, capaz de percibir y apetecer. A esta noción de sustancia se vincula la doctrina de la armonía preestablecida, según la cual cada mónada, en cuanto es capaz de coexistir con todas las otras, posee en sí misma determinaciones que guardan correspondencia con ellas, y refleja de este modo el Universo entero.

Wolff también utiliza la doctrina de la armonía preestablecida, pero no entre mónadas, sino entre el alma y el cuerpo. El sistema de Wolff caería así en un materialismo ajeno a las ideas de Leibniz. Esta hipótesis vendría a decir que pensamos según sentimos y obramos según queremos, no en virtud de una misteriosa acción causal del cerebro sobre la mente y viceversa, sino porque esas dos sustancias independientes que son el alma y el cuerpo han sido sincronizadas por Dios como dos relojes que marchan a lo unísono.

Wolff toma de Leibniz la doctrina de que el conocimiento sensible no se distingue esencialmente del conocimiento intelectual. Los sentidos perciben de manera confusa lo que la inteligencia concibe de forma clara y distinta, siendo el paso de uno a otro modo de representación gradual. Esto no significa, claro está, que Wolff rehuse el conocimiento empírico o histórico como él lo llama, muy al contrario, éste cimienta el conocimiento razonado o filosófico. Los principios últimos han de apoyarse en experiencias evidentes. El conocimiento histórico es "*infimus humanae cognitionis gradus*" porque no presupone otros conocimientos previos, es básico, primordial. Estos datos son evidentes y suministran un fundamento al conocimiento filosófico.

El principio con que se inicia la ontología wolffiana es el principio de no contradicción. Para justificar este principio Wolff apela a la experiencia por la cual percibimos la incapacidad natural de nuestra mente para juzgar que algo no es, cuando juzga que eso mismo es. La filosofía leibniziana tiene dos principios, uno para cada orden. El principio de no contradicción es el que rige en el ámbito de las esencias, mientras que el principio de razón suficiente constituye el principio de las

existencias.⁴² Éste último también se formula en la filosofía de Wolff pero demostrándolo. Aunque la demostración de este principio sea sofística, hace que la metafísica de Wolff dependa de un único principio que se acepta por evidente. Se quiere incluir el orden real en el lógico. Tanto Crusius como Kant reaccionan frente a este logicismo, ya que a sus ojos no es más que un juego de conceptos.

Respecto a la existencia, Wolff entiende que ésta es el complemento de la posibilidad, pero varía conforme al objeto, es decir, no será igual para la teología que para la cosmología o para la psicología. Para Crusius la característica de la existencia en nuestro entendimiento es la sensación. La existencia no es para Crusius un predicado de orden lógico, sino aquel predicado de una cosa, en virtud del cual ésta se encuentra también fuera del pensamiento en algún lugar y en algún tiempo.

Sin embargo, esta definición lleva implícita para Kant un *axioma subrepticio* que limita la autonomía de la existencia, es decir, el orden real, frente al orden lógico. En este punto manifestará Kant una clara oposición a la doctrina de Crusius. En su obra precrítica⁴³ Kant pensará en la diferencia entre lo lógico y lo real con asiduidad debido a su constante preocupación con el problema de la localización del alma en el espacio. Sólo el establecimiento de su nueva doctrina del espacio y el tiempo permitirá superar la definición de Crusius de existencia.

⁴² Cfr. Leibniz, G. W., *La profesión de fe del filósofo (Confessio philosophi)*. Traducción y notas de Francisco de P. Samaranch, Santillana (RBA), Barcelona, 2002, p. 158.

⁴³ Iremos viendo los diferentes argumentos de Kant sobre la distinción entre lógico y real al hilo de sus escritos precríticos. *Q. v. inf.*, 43, 50-54, 58, 71.

II. La evolución del concepto de espacio en los escritos precríticos.

II.1. Libros, artículos y opúsculos. II.2. Fuerza y espacio en la disertación de 1746. II.3. Mecanicismo y finalismo en la concepción del Universo. II.4. El espacio como acción recíproca de las sustancias según la *Nova dilucidatio*. II.5. La difícil conciliación entre metafísica y geometría. II.6. Nuevo concepto del movimiento y del reposo. II.7. El concepto de existencia en *El único argumento posible para una demostración de la existencia de Dios*. II.8. Disquisiciones sobre la aplicación de la *oposición privativa* a los conceptos filosóficos. II.9. Método y metafísica en *La investigación sobre la nitidez de los principios de la teología natural y de la moral*. II.10. Crítica al racionalismo en *Sueños de un visionario*. II.11. Explicación del concepto de *espacio absoluto* en *Del primer fundamento de la diferencia entre las regiones del espacio*.

II.1. Libros, artículos y opúsculos.

La doctrina kantiana del espacio y el tiempo de la *Crítica de la razón pura* viene precedida por numerosos libros y opúsculos. Entre los escritos precríticos encontramos gran variedad de temas, en su mayoría de Filosofía natural. Todos ellos muestran la evolución del pensamiento de Kant, es decir, la evolución de la filosofía moderna hacia una filosofía trascendental. En estos textos Kant reflexiona acerca del proceso de matematización de la física, en constante debate con sus predecesores. Nuestro interés se centra en los escritos, o las partes de éstos, que conciernen al concepto de espacio. Entre estos textos también encontramos un tema directamente relacionado con el concepto de espacio, el de la interacción alma-cuerpo. Este problema, junto con el cambio de método propuesto en *Sobre la nitidez de los principios de la teología natural y la moral* (1664), serán claves en la formación de su nueva concepción del espacio y del tiempo. Dicha doctrina aparece por vez primera en la *Disertación sobre la forma y los principios del mundo sensible y del mundo inteligible* (1770), también conocida como la *Dissertatio*. El periodo precrítico que directa o indirectamente nos interesa ocupó veintiséis años de la vida de Kant. Los textos que trataremos son los siguientes:

- 1746⁴⁴: *Pensamientos sobre la verdadera estimación de las fuerzas vivas*. (Disertación de 1746). (Ak., I, 1-181).
- 1755: *Historia general de la naturaleza y teoría del cielo. (Ensayo acerca de la constitución y el origen mecánico de la entera fábrica del mundo según principios newtonianos)*. (Ak., I, 215-368).
Nova dilucidatio. (Nueva explicación de los primeros principios del conocimiento metafísico.). (Ak., I, 385-416).
- 1756: *Monadologia physica*. (Ak., I, 473-487).
- 1758: *Nueva doctrina del movimiento y del reposo*. (Ak., II, 13-25).
- 1763: *El único argumento posible para una demostración de la existencia de Dios*. (Ak., II, 63-163).
Ensayo para introducir las magnitudes negativas en la filosofía. (Ak., II, 167-204).
- 1764⁴⁵: *Sobre la nitidez de los principios de la teología natural y de la moral*. (Ak., II, 273-301).

⁴⁴ Entregado a la imprenta en 1746, publicado en 1747.

⁴⁵ El manuscrito fue entregado a la Academia Prusiana antes de 1º de enero de 1763.

- 1766: *Los sueños de un visionario explicados por los sueños de la metafísica*. (Ak., II, 315-373).
- 1768: *Del primer fundamento de la diferencia de las regiones del espacio*. (Ak., II, 375-383).
- 1770: *Dissertatio. (Disertación sobre los principios formales del mundo sensible y del inteligible)*. (Ak., II, 385-419).
- 1772: *Carta a Marcus Herz (21-2-1772)*. (Ak., X, 129-135).

En este largo periodo, la concepción kantiana del espacio se encuentra íntimamente relacionada con la confrontación entre leibnizianos y newtonianos.

Leibniz entendía que el espacio es una relación entre objetos (*ordo coexistentium*), un ente de razón. El espacio depende ontológicamente de los cuerpos y no es divisible al infinito, igual que la materia, el ingrediente último de la materia son las mónadas, es decir, unidades espirituales percibidas como extensión. Como el espacio depende de los cuerpos no puede darse el vacío ni la acción a distancia. Esta concepción del espacio hace que la unión del alma con el cuerpo sea interpretada como una relación entre dos tipos diferentes de mónadas comunicables, sincronizadas por Dios mediante una *Armonía Preestablecida*.

Newton, por el contrario, pensaba en el espacio como algo real y absoluto, sustancial y divisible al infinito. Los cuerpos dependen ontológicamente del espacio, por eso puede darse el vacío y la acción a distancia, condiciones necesarias de su física. La materia es una sustancia real, como el espacio, y no una suerte de “mónadas” inextensas. Debido a ello, la relación alma-cuerpo no es resuelta, el alma carece de lugar, pero también es corpórea.

Kant defenderá en un principio, si bien con ciertos matices, las tesis de Leibniz, posteriormente afirmará lo contrario pero sin estar completamente de acuerdo con la posición newtoniana y finalmente establecerá su peculiar concepción.

Respecto al tiempo, tanto newtonianos como leibnizianos guardan una estrecha analogía con la naturaleza del espacio. Esta puede ser la razón que animó a Kant a dar una solución común al doble problema de la naturaleza del espacio y la del tiempo.⁴⁶

⁴⁶ Para un estudio más detallado del tema del tiempo ver: Van Fraassen. B. C., *Introducción a la filosofía del tiempo y del espacio*. Traducción de Juan-Pedro Acordagoicoechea Goicoechea, Labor,

II.2. Fuerza y espacio en la disertación de 1746.

La disertación de 1746 sobre *La verdadera manera de calcular las fuerzas vivas*⁴⁷ trata sobre el concepto de *fuerza*.⁴⁸ La ciencia natural moderna se vio en la necesidad de definir cuantitativamente la fuerza para resolver ciertos conceptos que comenzaban a presentarse en la mecánica.⁴⁹ En este opúsculo Kant se ocupa del *modus cognoscendi* de la estimación de las fuerzas vivas,⁵⁰ planteando varios temas significativos para el tema que nos ocupa.

En este periodo inicial es partidario de la concepción leibniziana del espacio, por eso quiere fundamentar tal supuesto, no obstante mantiene importantes diferencias con la concepción de Leibniz. Lo curioso es que para fundamentar esta idea leibniziana invoca las principales ideas de la física de Newton. Decimos que la posición de Kant es leibniziana porque sin las cosas no se daría el espacio. Sin embargo, para Kant, las relaciones de orden entre las cosas se deben a la interacción de las fuerzas que actúan fuera de las sustancias. Se da, pues, una interacción real entre los objetos espaciales de un tipo muy especial. Por consiguiente, las leyes que gobiernan las fuerzas serán las leyes que dicten al espacio su estructura. El lugar es, según Kant, *la acción recíproca de las sustancias, sin fuerzas no habría espacio*. En la doctrina de Leibniz no figuraba esto, por eso recurrió a la lógica. Conforme a leyes lógicas, Leibniz quería derivar de la noción de espacio los axiomas que confieren al espacio su estructura. Kant tacha de circular la demostración esbozada por Leibniz. Para Kant la estructura del espacio se debe a que las fuerzas de las sustancias actúan en inversa proporción al cuadrado de la distancia ($F = 1/d^2$). Lo que Kant parece pasar por alto es que el concepto de distancia lleva implícito el

Barcelona, 1978. En especial el capítulo II “Los problemas de la teoría del tiempo. De Aristóteles a Kant”, pp. 21-74.

⁴⁷ El título completo es *Pensamientos sobre la verdadera estimación de las fuerzas vivas y crítica de las demostraciones de las que Leibniz y otros mecánicos se han servido en este litigio, junto con algunas consideraciones previas que conciernen a las fuerzas de los cuerpos en general*.

⁴⁸ El concepto de fuerza viva se debe a Leibniz, el cual distinguió con dicho nombre al producto de la masa de un cuerpo por el cuadrado de su velocidad, interpretando así el por qué un cuerpo en movimiento era capaz de originar trabajo. Resulta igual al doble de la energía cinética. Cfr. Leibniz, G. W., *Escritos de dinámica*. Traducción de Juan Arana Cañedo-Argüelles y Marcelino Rodríguez Donis, Tecnos, Madrid, 1991, pp. 63-65.

⁴⁹ Cfr. Comentario de Juan Arana Cañedo-Argüelles a *Gedanken*, § 34 (*La matematización de la idea de fuerza*) p. 231.

⁵⁰ Cfr. Vleeschauwer, H.-J. de, *La evolución del pensamiento kantiano*. Traducción de Ricardo Guerra, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF, 1962, p. 25.

concepto de espacio, lo que convierte a esta demostración en circular. Kant termina, de esta manera, cayendo en el mismo error que denunciaba en Leibniz.

Lo más interesante es que Kant rechace la idea leibniziana de acuerdo con la cual las propiedades del espacio puedan fundarse en las leyes de la lógica y en definiciones. Es decir, encontramos ya en su primer escrito que los axiomas de la geometría no se basan en proposiciones analíticas, sino en proposiciones sintéticas. Como consecuencia de esto resulta que, nuestro espacio euclidiano no es el único espacio que se pueda concebir. Se pueden pensar otros espacios con mayor número de dimensiones, o con las mismas dimensiones pero con diferentes propiedades. Esta sugerencia es muy interesante dado que la concepción de un espacio relacional cuya estructura requiera algo más que las leyes de la lógica, se encuentra cercana a la idea de espacio de la matemática moderna.

Por otra parte, Kant piensa que no todo ente es compatible con esas estructuras. Si concebimos el espacio no como un sistema de relaciones entre posiciones homogéneas, sino entre objetos bien determinados que las ocupan, la estructura del mismo quedará prescrita por la naturaleza de estos objetos. La geometría pura o *geometría suprema* es una ciencia *a priori*, pero la geometría física es una ciencia empírica, ya que la estructura del espacio en que están las cosas reales depende de la naturaleza de éstas:

Dios hubiera podido elegir otra [se refiere a la Ley de Gravitación Universal], por ejemplo, la proporción inversa al cubo de las distancias; [...] por último, que de otra ley, se habría derivado una extensión de otras propiedades y dimensiones. Una ciencia de todas estas posibles clases de espacios sería con toda seguridad la más alta geometría abordable por un entendimiento finito. 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.⁵¹

Kant admite que podemos idear espacios de cualquier número de dimensiones, pero no podemos figurarnos uno de más de tres. Según Kant esto sucede porque la naturaleza del alma humana así lo requiere. Nuestra propia acción sobre las cosas se rige por la misma acción de ellas sobre nosotros. ¿Por qué debe

⁵¹ *Gedanken*, § 10, 35-36. (Ak., I, 24-25).

haber identidad estructural entre el espacio real y el espacio percibido? Porque la ley de interacción de las cosas es la misma que actúa sobre nosotros, ya que somos una cosa entre las otras. Se trata de un caso particular de la acción general. Que dependamos de las percepciones percibidas en la percepción no es óbice para poder *imaginar* otros espacios.⁵² “La más alta geometría abordable por un entendimiento finito” o geometría suprema se refiere a otras posibles geometrías que se dieran en otros mundos.⁵³ Si la geometría de los mundos fuera igual, los mundos estarían conectados espacialmente. La geometría suprema permite conocer, aunque sea conjeturalmente, otros mundos. Kant entiende que el saber que no conoce algo existente no es ciencia. De los otros mundos sólo podemos conocer *a priori* su geometría general o suprema. Para conocer su geometría física necesitamos *algo más*.⁵⁴

La Interacción alma-cuerpo se resuelve argumentando que, debido a la interacción real entre las cosas espaciales, el alma ocupa un lugar, es espacial. Kant mantiene en este punto las enseñanzas de su maestro Martin Knutzen, según el cual la interacción entre alma y cuerpo no viene dada por una armonía preestablecida. Definamos las propiedades que nos interesan de los conceptos que maneja Kant a este respecto:

- *Alma*: Ente finito espacial inmaterial que actúa hacia fuera porque está en un lugar.
- *Lugar*: Aquello que indica las acciones de las sustancias entre sí.
- *Materia*: Aquello hace actuar entre sí a los entes finitos espaciales materiales, pero también al alma, en tanto que vinculada al espacio.

El alma se concibe como la suma total de nuestras representaciones y

⁵² El aspecto práctico en la construcción de la representación del espacio desaparecerá en la *Crítica*, pero reaparece en el *Opus postumum*. En él aludirá a la realidad subjetiva de la representación del espacio en los cuerpos orgánicos. Cfr. *OP*, 470 (Ak., XXII, 443).

⁵³ Leibniz sólo admitía un mundo: el mejor de los mundos posibles.

⁵⁴ Torretti sugiere que Kant abandonará el pluralismo geométrico debido a la influencia de Lambert. Cfr. Torretti, R., “La geometría en el pensamiento de Kant”. *Anales del seminario de metafísica*, IX, Madrid, 1974, p. 16. Este mismo artículo se encuentra en Cordua, C.; Torretti, R., *Variedad en la razón. Ensayos sobre Kant*. Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, 1992, pp. 53-103.

conceptos, tanto internos como externos:

Ahora bien, el estado interno del alma no es más que el compendio de todas sus representaciones y conceptos, y en la medida en que este estado interno se relaciona con el exterior, se llama *status repraesentativus universi*; por ello la materia modifica, a través de la fuerza que tiene al moverse, el estado del alma mediante el cual se representa el universo. De este modo se comprende cómo puede imprimir representaciones en el alma.⁵⁵

La materia altera, debido a la fuerza que posee el movimiento, el estado del alma mediante el cual ésta se representa el mundo.

II.3. Mecanicismo y finalismo en la concepción del Universo.

En 1755 aparece la *Historia natural y teoría general del cielo*.⁵⁶ Justo cuando este libro estaba en la imprenta el editor dio en quiebra. Su contenido pasó casi desapercibido hasta que Pierre Simon, marqués de Laplace (1749-1827) en su *Exposition du Système du Monde* (1796, p. 301 y ss.) dio rigor matemático a las ideas allí expresadas.⁵⁷ El libro trata reconciliar la perspectiva mecanicista con el finalismo.⁵⁸ En él se aborda el problema que planteaban las complicadas trayectorias seguidas por los astros errantes en el sistema aristotélico-ptolemaico. En este sistema pervivía el politeísmo griego ya que los astros errantes requerían de una inteligencia que los moviera, es decir, habría tantos dioses moviendo los astros como astros errantes en el firmamento. El cristianismo sustituyó estas deidades por ángeles, pero esta solución no convenció a la orden franciscana. Jean Buridan (1300-1358), discípulo del *Doctor Invincibilis* y *Venerabilis Inceptor* Guillermo de Ockham (1285-1349), dijo, frente a la tradición aristotélica, que Dios no necesita ayuda para regular el movimiento celeste, puesto que basta conferirle un ímpetu primigenio que, unido a la ausencia de rozamiento, lo mantiene indefinidamente.

⁵⁵ *Gedanken*, § 6, 33 (Ak., I, 20 y 21).

⁵⁶ El subtítulo de esta obra aclara aún más su contenido: *Ensayo acerca de la constitución y el origen mecánico de la entera fábrica del mundo, según principios newtonianos*.

⁵⁷ De ahí que a la generación de un Universo a partir de un caos primitivo se la conozca como “hipótesis Kant-Laplace”. Cfr. Heimendahl, E. *Física y filosofía. Diálogos de occidente*. Traducción de Juan Segundo Iglesias Muñoz, Ediciones Guadarrama, Madrid, 1969, p. 40.

⁵⁸ Vleeschauer, H.-J. de, *Op. cit.*, 25.

Copérnico tampoco solucionó el problema pues su sistema, aunque heliocéntrico, requería epiciclos y deferentes aún más complejos que los incluidos en el sistema aristotélico-ptolemaico. Será Kepler el que asiente la concepción heliocéntrica al darse cuenta de que se puede sustituir el sistema de epiciclos y deferentes por unas órbitas elípticas con el Sol en uno de sus focos (primera ley de Kepler), regidos por una ley simple. La segunda ley de Kepler dice que las áreas barridas por el radio-vector que une el centro del Sol con el de un planeta son proporcionales a los tiempos empleados en describirlas. La tercera ley reza así: Los cuadrados de los tiempos T_1 y T_2 (periodos) empleados por dos planetas en su revolución alrededor del mismo astro son proporcionales a los cubos de los semiejes mayores, r_1 y r_2 de las elipses que describen su trayectoria: $T_1^2/T_2^2 = r_1^3/r_2^3$. O lo que es lo mismo, la relación que existe entre el radio medio de la órbita elevada al cubo y el periodo elevado al cuadrado, es constante para todos los planetas: $cte = R^3/T^2$. Dios es un buen relojero que echa a andar su asombroso reloj.⁵⁹

Pero será finalmente Newton el que determine la ley que gobierna esa fuerza que hace que todo lo demás conserve su movimiento orbital. De esta manera las leyes de Kepler se deducen de la ley newtoniana de la gravitación universal,⁶⁰ que también da cuenta de la caída de los graves. Ahora sí que contamos plenamente con un auténtico reloj cósmico regido desde el principio por una única ley.

En la concepción que mantiene Kant aparece esta misma idea. El libro nos muestra que no es necesario suponer una intervención divina que prescriba condiciones iniciales precisas a los planetas. Kant da una explicación mecánica, sólo mediante factores materiales.⁶¹ Piensa que un caos originario que obedezca las leyes de Newton se tornará, por sí sólo en el orden que tiene el Universo:

Presumo la dispersión total de la materia del Universo y hago de ella un caos completo. Veo formarse la materia de acuerdo a las leyes definidas de la atracción y modificarse su movimiento por la repulsión. Me deleito en ver producirse, sin ayuda de ficciones arbitrarias, y ocasionado por las definidas leyes

⁵⁹ Todas las formulaciones de leyes de este capítulo han sido tomadas de: J. Catalá. *Física general*. Entidad Española de Librería y Publicaciones, Valencia, 1972.

⁶⁰ $F_g = G (Mm/r^2)$. Donde G es la constante de gravitación y M la masa del Sol.

⁶¹ Esta particularidad unida al proceso dialéctico que interviene en la formación del Universo, hace pensar en esta obra como un antecedente del materialismo dialéctico posterior. Cfr. Engels., F., *Dialéctica de la naturaleza*. Edit. Problemas, 1941. V. a. Pról. de Alfredo Llanos, p. IX, a *Naturgeschichte*.

de movimiento, un todo bien ordenado que se asemeja tanto al sistema universal que vemos ante nuestros ojos, que no puedo abstenerme a considerarlo el mismo.⁶²

Kant quiere demostrar que el sistema planetario se mueve en virtud solamente de los factores dados con la materia, es decir, mecánicamente. El hecho de que no se requiera la intervención ni de muchas inteligencias, ni siquiera de una sola, podía poner a Kant en una situación incómoda frente a la Iglesia. Sin embargo, ya Leibniz había señalado que la perfección de Dios se manifiesta en la obtención de la máxima riqueza y variedad en los efectos, con una máxima economía de los medios. Idea ésta que refleja Kant en el prólogo con singular contundencia.

Este libro no trata de manera específica el tema de la naturaleza del espacio, pero parece acercarse a la concepción newtoniana. En el polémico capítulo *De la extensión infinita de la creación en el espacio y en el tiempo* Kant trata el tema de la ampliación de la concepción mecánica del sistema planetario a un Universo que, de esta forma, nunca termina definitivamente de conformarse. Casi al comienzo del capítulo encontramos la expresión: “aquella inmensa extensión de presencia divina” para referirse al espacio vacío. Mas adelante vuelve a decir:

Veríamos cómo *el espacio infinito de la presencia divina* en el cual se encuentra la reserva para todas las formaciones posibles de la naturaleza, se halla sumido en silenciosa noche, lleno de materia que puede servir de elemento para los mundos a formarse en el futuro, y de fuerzas motrices para ponerlos en movimiento que con un débil impulso inician aquellos movimientos por los cuales la infinidad de estos espacios desiertos será llenada alguna vez de vida. [...]. La infinidad de las épocas futuras que la eternidad producirá inagotablemente, llenará de vida *todos los espacios de la presencia divina* y los elevará paulatinamente a la regularidad que corresponde a la perfección de su proyecto.⁶³

Es verdaderamente intrigante que Kant utilice esta expresión, máxime cuando sus escritos inmediatamente anteriores y posteriores mantienen una concepción del espacio similar a la de Leibniz. ¿Por qué emplea Kant esta manera de referirse al espacio? Según Roberto Torretti habría una manera legítima de referirse así al espacio dentro del pensamiento leibniziano. El argumento consiste en apelar al pensamiento divino antes de crear los objetos que lo pueblan. Si Leibniz acepta un espacio único, podremos referirnos a él sin necesidad de hacer referencia a los cuerpos que le

⁶² *Naturgeschichte*, 15 (Ak., I, 225).

⁶³ *Ibíd.*, 138-139 (Ak., I, 331-314). El subrayado es nuestro.

confieren realidad. Esta idea de espacio precede, en la mente divina, a la decisión última de crear las cosas.⁶⁴

A esta explicación se le puede sumar la circunstancia de que la expresión “todos los espacios de la presencia divina” no influye directamente a las concepciones newtoniana y leibniziana del espacio físico. Dios tiene una idea previa de espacio, pero eso nada dice acerca de si su plasmación física efectiva será como dice Newton o como dice Leibniz. Dios crea, pero ¿newtoniana o leibnizianamente?, por esta vía la duda no se disipa. Ahora bien, si hablamos de la idealización del espacio en la mente divina sólo podemos estar refiriéndonos a un único espacio, lo mismo que si mantenemos la concepción newtoniana del espacio absoluto y real.⁶⁵ Por consiguiente, al hablar de espacios, Kant sólo puede referirse a los espacios que determinan las fuerzas de los objetos en su coexistencia y que forman parte de un espacio único. Esta idea resulta coherente con la concepción que Kant mantiene en los escritos de este periodo, es decir, próxima a la tesis leibniziana.⁶⁶ Todo ello sin perjuicio de que exista más de un Universo, es decir, unas fuerzas que definan un espacio no enlazado con los demás espacios universales.⁶⁷

Por último apelaremos a un argumento más físico que metafísico. Conviene no perder de vista que aunque no se pudiera acusar a Kant de impiedad en virtud del argumento de la economía divina, un hombre tan prudente como él seguramente pensó que no estaba de más hacer referencia a la constante presencia de Dios en el Universo, por lo que el futuro pudiera deparar.⁶⁸

⁶⁴ Cfr. Torretti, R., *Op. cit.*, 103-104.

⁶⁵ Cuando hablamos de espacio real nos referimos a un espacio existente por sí. Ciertamente hemos visto cómo la existencia no es un predicado real, pero en todos los libros consultados hacen de la realidad sinónimo de la existencia al referirse al espacio y/o al tiempo absolutos y existentes por sí de la tradición newtoniana, aún cuando tengan perfectamente clara la diferencia entre realidad y existencia.

⁶⁶ *Vid.*, Reichenbach, H., *Moderna filosofía de la ciencia. (Ensayos escogidos)*. Preparados por Maria Reichenbach, Prólogo de Rudolf Carnap, Traducción por Alfonso Carlos Francoli Palomo, Tecnos, Madrid, 1965, p. 71; v t., Rioja, A., *Etapas en la concepción del espacio físico*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1984, p. 452.

⁶⁷ Cfr. *Gedanken*, § 8, 33-34 (Ak., I, 23).

⁶⁸ Nótese que cuando Napoleón preguntó a Laplace por el papel de Dios en su sistema, tan similar al de Kant en ciertos aspectos, Laplace respondió: “Sire, je n’ai pas eu besoin de cette hypothèse” (Señor, yo no he requerido de tal hipótesis). No olvidemos que la obra de Kant significó el fin del milenario connubio entre astronomía y teología.

II.4. El espacio como acción recíproca de las sustancias según la *Nova dilucidatio*.

Este libro constituye el primer escrito propiamente metafísico de Kant.⁶⁹ Se trata de una disertación para obtener la habilitación para la docencia (*venia legendi*). Fue presentada el 27 de septiembre de 1755 en la Facultad de Filosofía de la Universidad de Königsberg.⁷⁰

En esta obra se aprecia una influencia notable de Wolff, pero el auténtico diálogo se establece con Crusius. Este autor, al igual que Kant, entendía la metafísica como la ciencia de las verdades necesarias. Sin embargo Kant establece una discrepancia con él que será relevante respecto de sus posteriores escritos, especialmente en la *Dissertatio*, preámbulo del pensamiento crítico.⁷¹ La discrepancia versa sobre la distinción entre la razón de verdad y la razón de existencia. La proposición VII trata del principio de razón determinante o suficiente, y en su escolio encontramos las siguientes palabras:

Pues primero debí distinguir cuidadosamente entre razón de verdad y de existencia, si bien pudiera parecer que la universalidad propia del principio de razón determinante en la región de las verdades se extiende también a la existencia. En efecto, si nada es verdadero, o sea, si al sujeto no le conviene un predicado sin razón determinante, se sigue también que sin ella no habría predicado alguno de existencia. En realidad, consta que para fundamentar la verdad no es necesaria razón antecedentemente determinante, sino que basta la identidad que media entre el sujeto y el predicado. Sin embargo, para los existentes toda la cuestión radica en la razón antecedentemente determinante, pues de no haber ninguna, el ente existe con necesidad absoluta; y si la existencia es contingente, dejé ya demostrado que esa razón no puede preceder. De ahí la verdad surgió más pura, a mi entender, extraída de sus mismas fuentes.⁷²

Wolff reducía el principio de razón suficiente de la existencia al principio lógico de no contradicción. Crusius reaccionó ante tal logicismo, pero para no comprometer el libre albedrío del ser humano no hizo depender lo contingente del principio de razón suficiente. En el texto vemos cómo Kant sí lo hace. Si Kant cae de esta manera en el determinismo, Crusius caía en un indeterminismo sólo salvable por la presencia divina.⁷³ La diferenciación entre la razón de las verdades y la razón

⁶⁹ Cfr. Navarro Cordón, J. M., "Método y metafísica en el Kant precrítico". *Anales del seminario de metafísica*, IX, Madrid, 1974, pp. 75-122.

⁷⁰ Cfr. Uña Juárez, A., "La Nova dilucidatio de Kant y su cognitio metaphysica". En *La ciudad de Dios*, Año 100, Vol. CXC VII, nº 1, Enero-Abril 1984, pp. 65-126.

⁷¹ *Vid. inf.*, 68.

⁷² *Nova dilucidatio*, 63 (Ak., I, 396-397).

⁷³ Vleeschauwer, H.-J. de, *Op. cit.*, 30.

de las existencias abre el camino para separar lo real de lo lógico. Según Kant, el error de la metafísica consiste en haber extendido al conocimiento de lo real las nociones que sólo sirven para los puros conceptos.⁷⁴

En este texto el tema del *espacio* es muy importante. El espacio consiste en *relaciones de las sustancias*, es decir, se da en la interacción entre los entes autónomos finitos. Esta interacción es lo que permite los cambios de estado en las sustancias.⁷⁵ Ahora bien, afirmada la existencia de una sustancia nada permite concluir la existencia de otras diferentes.⁷⁶ En ese caso ¿cómo determinan unas sustancias el estado de las otras? Serían “incomunicables”, por decirlo así. Kant tiene que acudir al intelecto divino para el que garantice la coexistencia de las sustancias. Dios “preestablecería” la configuración de las sustancias en relación recíproca:

Y, sin embargo, no se genera de ello aquella [armonía] *preestablecida leibniziana* que atribuye propiamente *acuerdo* y no *dependencia* mutua a las sustancias.⁷⁷

En efecto, vimos en la disertación de 1746 sobre *La verdadera manera de calcular las fuerzas vivas* que la mera coexistencia entre las sustancias no permite hablar de relaciones espaciales. El espacio es un tipo de relación, pero las sustancias finitas, por el hecho de existir, no engendran relación alguna. Es necesario que el principio de su existencia (Dios) las mantenga referidas unas a otras. Su mutua vinculación depende de Dios ya que cada una de ellas es totalmente independiente de las demás. El espacio es relacional, pero las relaciones espaciales son algo más que la mera coexistencia. Si Dios no hubiera establecido las relaciones entre las sustancias, éstas no estarían en ningún lugar. La acción y la reacción son las fuerzas responsables de la ley newtoniana de gravitación universal:

Si la manifestación [el fenómeno] exterior de cuya acción y reacción, universal por todo el ámbito del espacio en que los cuerpos se correlacionan, es su mutua aproximación, se llama *atracción*, la cual, como se ejerce por mera copresencia, alcanza a cualquiera distancias y es la *atracción newtonana*, es decir, la gravitación universal. La cual, por tanto, es probable que se constituya por el mismo nexo de las sustancias por el que determinan el espacio, y que sea, por eso,

⁷⁴ En su obra crítica, Kant declarará imposible toda demostración *a priori* del principio de razón suficiente. Cfr. *KrV*, A 783/B 811; *Proleg.*, §4, 54-63 (Ak., IV, 271-275); *Respuesta a Eberhard*, (Ak., VIII, 173-198).

⁷⁵ Cfr. *Nova dilucidatio*, 94-95 (Ak., I, 410).

⁷⁶ Cfr. *Ibíd.* 98-100 (Ak., I, 413-414).

⁷⁷ *Ibíd.*, 104 (Ak., I, 415).

la ley más originaria de la naturaleza a que la materia se sujeta, la cual [ley] perdura continuamente sólo por Dios, inmediato apoyo, según la opinión de aquellos que se confiesan seguidores de Newton.⁷⁸

La acción recíproca de las sustancias no se da, pues, en virtud de sus determinaciones internas, sino per el nexo externo establecido por Dios.

Según Kant, la armonía preestablecida no implica consenso como la de Leibniz, sino dependencia mutua entre las sustancias. Se trata de un comercio por causas eficientes (Dios). Las sustancias solamente son modificables por su mutua relación, nunca por razones internas. Esta interconexión permite que se dé la sucesión y el tiempo.⁷⁹ Para Leibniz la coexistencia viene dada exteriormente en cada mónada. Para Kant Dios no regula el interior (intensivo), sino las relaciones exteriores (extensivas); las sustancias no son independientes, el todo no es una mera suma de partes inconexas. Kant habla de fuerzas físicas entre cuerpos, de acciones y reacciones que producen o se oponen a sus movimientos, es decir, habla de la gravitación newtoniana⁸⁰ y no de una armonía metafísica entre sustancias incomunicables.

II.5. La difícil conciliación entre metafísica y geometría.

La pretensión fundamental que persigue Kant en *La Monadologia physica* es alcanzar la compatibilidad entre la metafísica y la geometría. De esa asociación saldría muy beneficiada la ciencia natural. La ciencia natural despojada de la metafísica sería algo más que una mera descripción de las regularidades observables. Ayudada de la metafísica, la ciencia natural alcanzaría un auténtico conocimiento de aquello que solamente describe, es decir, conocería el origen y las causas de las leyes físicas.

⁷⁸ *Ibíd.*, 103 (Ak., I, 415).

⁷⁹ Este argumento también sirve para demostrar la existencia real de los cuerpos.

⁸⁰ Como ya se apuntaba en *Naturgeschichte*, q. v. supra, 39.

Pero entre la metafísica, representada por Leibniz y la geometría, representada por Newton, se abrían discrepancias aparentemente irreconciliables. La situación en tiempos de Kant era la siguiente:⁸¹

- Divisibilidad de la materia:
 - Metafísicos: La materia no es divisible al infinito. (Metafísicos alemanes wolffianos y antiwolffianos).
 - Geómetras: La materia es infinitamente divisible. (Cartesianos y newtonianos).
- Existencia del vacío:
 - Metafísicos: El vacío no existe. (Cartesianos y metafísicos alemanes).
 - Geómetras: El vacío es necesario para que los cuerpos se puedan mover libremente. (Newtonianos ingleses y holandeses).
- Acción a distancia (fuerza F):
 - Metafísicos: no existe acción a distancia. (Cartesianos y metafísicos alemanes).
 - Geómetras: La gravitación universal actúa mediante causas dinámicas, es decir, mediante la acción de fuerzas a distancia. (Newtonianos ingleses y holandeses).

La solución propuesta por Kant para reconciliar la metafísica con la geometría consiste en que la metafísica acepte la acción a distancia de las fuerzas, lo cual hará que la infinita divisibilidad del espacio tenga una explicación. La física, por su parte, tendrá que prescindir del espacio vacío. Este tema resulta de la mayor importancia en el desarrollo del pensamiento de Kant, pues tendrá mucho que ver con la primera parte de la antinomia de la razón, lo que en la *Crítica* se conoce como antinomias matemáticas.

Veamos qué tienen que ver las fuerzas con la infinita divisibilidad del espacio. Lo primero que hace Kant es demostrar que el espacio es divisible al infinito. La demostración la utiliza en dos sentidos, en el geométrico y en el físico. Pero una vez

⁸¹ Tabla que recoge los antecedentes de esta polémica según Giorgio Tonelli, en su obra *Elementi metodologici e metafisici in Kant dal 1745 al 1768*. Torino 1959, pp. 177-185. *Apud.*, Roberto Torretti. *Op. cit.*, 105, n. 84 b.

demostrado que el espacio puede dividirse todo lo que se quiera tropezamos con un grave problema:

PROPOSICIÓN 4. *Teorema.* Un compuesto divisible al infinito no consta de partes primitivas, es decir, simples.⁸²

Aunque la metafísica acepte la infinita divisibilidad del espacio, no puede aceptar que los cuerpos también lo sean. Los cuerpos constan de partes simples (mónadas o unidades primitivas), y puesto que los cuerpos no son divisibles al infinito, constan de un número finito de mónadas. Que el espacio sea infinitamente divisible, pero no los cuerpos espaciales, constituye el núcleo del problema al que Kant intentará dar solución. Dado que la prueba a favor de la infinita divisibilidad del espacio resulta irrefutable, el problema acepta dos posibles soluciones: a) La dada en este escrito, b) La dada en la *Dissertatio* de 1770, es decir, postular la idealidad del espacio.

En la *Monadologia physica* Kant considera que la contradicción es sólo aparente, se trata solamente de un prejuicio compartido entre metafísicos y geómetras:

Escolio. En la investigación sobre los elementos, nada se ha opuesto más al maridaje de la geometría con la metafísica que el prejuicio, por lo demás no suficientemente examinado, de que la divisibilidad del espacio ocupado por un elemento implica también la división de dicho elemento en partes sustanciales. Tan fuera de duda se consideró, por lo general, esta opinión que aquellos que sostienen la divisibilidad al infinito del espacio real, tienen verdadero horror a las mónadas, y aquellos que aceptan las mónadas, juzgan que las afecciones del espacio geométrico son propiedades puramente imaginarias de sus partes.⁸³

Según esto, basta con considerar que el espacio carece de realidad sustancial para compatibilizar su infinita divisibilidad con la existencia de partes simples en los cuerpos. Las partes simples llenan un espacio divisible al infinito. Que el espacio sea infinitamente divisible no implica la existencia de infinitas partes sustanciales. El espacio no es sustancia, sino lo que surge en las relaciones externas de las sustancias. Visto así el asunto, resulta claro que el espacio que ocupa la mónada no está determinado por una pluralidad de partes sustanciales, sino por su esfera de actividad. La sustancia no está, en rigor, determinada por el espacio:

⁸² *Monadología física*, 79 (Ak., I, 479).

⁸³ *Ibíd.*, 81 (Ak., I, 480).

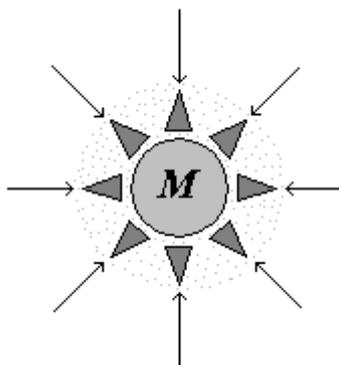
PROPOSICIÓN 5. *Teorema.* Cualquier elemento simple de un cuerpo, a saber, la mónada, no sólo está en el espacio, sino que lo llena, sin perjuicio de su simplicidad.⁸⁴

Vimos como la disertación de 1746 sobre *La verdadera manera de calcular las fuerzas vivas* sostiene una concepción del espacio vinculada a la interacción entre las fuerzas. En la *Monadologia physica* continúa con esa concepción, a caballo entre el espacio de Leibniz y la física de Newton:⁸⁵

PROPOSICIÓN 6. *Teorema.* Una mónada define el pequeño espacio de su presencia, no por la pluralidad de sus partes sustanciales, sino por la esfera de actividad con que impide que las mónadas exteriores, presentes a ellas por ambos lados, se aproximen más unas a otras.⁸⁶

La esfera de actividad es la fuerza de repulsión que produce la mónada. Las mónadas han de tener un equilibrio en sus fuerzas pues si sólo produjeran fuerzas repulsivas se dispararían, mientras que si sólo experimentaran fuerzas atractivas colapsarían. Las fuerzas propias de las mónadas son, pues, dos: *las fuerzas repulsivas* y *las fuerzas atractivas*. Según dice Kant en este escrito, las primeras están en función del volumen de la esfera en que actúa, por tanto responde a la inversa del cubo de la distancia. Las fuerzas atractivas responden, sin embargo a la inversa de cuadrado de la distancia porque están en función de la superficie de la esfera y no de su volumen.⁸⁷ Al igual que ocurría en el texto de 1746 esta explicitación de la acción de las diferentes fuerzas conlleva circularidad, pues la noción de distancia apela al espacio.

La mónada posee una impenetrabilidad fruto de la acción y reacción entre las fuerzas repulsivas y atractivas:



⁸⁴ *L. c.*

⁸⁵ Vleeschauwer, H.-J. de, *Op. cit.*, 31-31.

⁸⁶ *Monadología física*, 82. (Ak., I, 480).

⁸⁷ Anteriormente había mantenido que la relación atracción/repulsión era cuadrado/cuadrado.

Es, pues necesario que en cualquier elemento exista, aparte de la fuerza de impenetrabilidad, otra fuerza atractiva; si no se acepta ésta, no se explicaría cómo los cuerpos naturales poseen volúmenes determinados.⁸⁸

También posee una *inercia*. Vimos al comienzo de este apartado que Kant pedía a los físicos que renunciaran al espacio vacío. Los físicos requerían del espacio vacío para la libre movilidad de los cuerpos. Kant resolverá esta controversia al entender la densidad de los cuerpos como una relación entre su inercia y su volumen. De esta manera las diferentes inercias de las mónadas no variarán sus volúmenes, haciendo que la hipótesis de un espacio vacío que garantice su libre movilidad resulte superflua:

De donde se sigue que, aunque prescindamos lo más posible de la existencia del vacío y supongamos que todo el espacio está totalmente lleno, los cuerpos pueden, no obstante, contener masas muy distintas dentro del mismo volumen, puesto que sus elementos están dotados de mayor o menor fuerza de inercia. En efecto, la masa de los cuerpos no es sino su cantidad de fuerza de inercia, en virtud de la cual o resisten al movimiento o, si se mueven con cierta velocidad poseen cierto ímpetu capaz de mover a otros.⁸⁹

Vemos cómo Kant está presuponiendo una idea de espacio basada en su concepción del año 46, según la cual el espacio resulta del mutuo conflicto de las fuerzas de las sustancias. Pero ahora las fuerzas son las fuentes del cambio, no el origen del espacio mismo. Eso hace que tenga que renunciar al proyecto expuesto en la disertación de 1746, consistente en derivar la estructura del espacio de las leyes que regulan la acción de las fuerzas de la materia. Ahora quiere establecer las leyes de las fuerzas apoyándose en teoremas de la geometría. Piensa que las leyes de la dinámica son el *principium essendi* de la estructura del espacio, siendo los teoremas de la geometría el *principium cognoscendi* de las leyes de la dinámica. Es sumamente interesante apreciar cómo los problemas con los que Kant se encuentra, no provienen sino de las diferencias surgidas entre la *res extensa* matemática y los cuerpos reales. El espacio es esa “red” que lo cubre todo y permite matematizar el mundo, pero no como una sustancia dado que es una magnitud continua, y por tanto no compuesta de partes simples.

Antes de terminar la sucinta exposición de este libro quisiéramos llamar la atención sobre el hecho de que el éter, con el que Kant ya contaba en su tesis *De igne* para la obtención el título de *magister*, recibe aquí una fundamentación consistente:

⁸⁸ *Ibíd.*, 89 (Ak., I, 484). Frente a Aristóteles, a favor de Newton.

⁸⁹ *Ibíd.*, 93 (Ak., I, 485).

Corolario. Los elementos son perfectamente impenetrables, es decir, incapaces de ser expulsados, mediante ninguna fuerza externa, del espacio que ocupan. Pero son condensables, lo mismo que los cuerpos que ellos mismos constituyen, ya que ceden algo ante la presión de una fuerza externa. He ahí el origen de los cuerpos, es decir, de los medios primitivamente elásticos, entre los que está, primeramente, el éter, a saber, la materia de fuego.⁹⁰

Las mónadas son sustancias simples impenetrables pero elásticas, puesto que soportan una cierta compresión debido a la acción y reacción del par opuesto de fuerzas. El elástico, formado por mónadas elásticas impenetrables, sólo contaba con fuerza de repulsión, siendo la partícula que tenía en su seno la encargada de responder con su fuerza de atracción.

II.6. Nuevo concepto del movimiento y del reposo.

El opúsculo *Del movimiento y el reposo* es bastante problemático en lo que se refiere a muchas de sus apreciaciones, pues Kant parece confundir la cinemática (foronomía) con la dinámica (mecánica). Lo que sí queda claro es que niega el movimiento y el reposo absolutos. Sin embargo, esa posición no tiene por qué implicar que el espacio sea un sistema de relaciones entre los objetos que lo pueblan. Aunque el espacio fuera previo a los objetos, la homogeneidad de sus partes no permitiría determinar si un cuerpo se mueve o reposa de manera absoluta:

Entonces comienzo a percatarme de que algo me falla en los términos de *movimiento* y de *reposo*. No los debo emplear nunca en sentido absoluto, sino siempre en sentido relativo. Nunca debo decir: un cuerpo está en reposo. Y jamás debo hablar de que se mueve, sin nombrar, al mismo tiempo, los objetos respecto a los cuales él cambia su relación. Aunque yo quisiera imaginarme un espacio matemático, vacío de toda creatura, como una relación de los cuerpos, tampoco esto me ayudaría nada. Porque ¿con qué distinguiré sus partes y sus distintos lugares, si no están ocupados por nada corpóreo?⁹¹

Esta afirmación de Kant se ha pasado casi siempre por alto. Suele decirse que fue Ernst Mach (1838-1916) el primer filósofo que habló en contra del espacio absoluto de Newton, a la vista está que no. Mach dirá lo mismo que Kant un siglo después al considerar el espacio y el movimiento absolutos “puros objetos de pensamiento, meras construcciones mentales que no pueden ser producidas en la

⁹⁰ *Ibíd.*, 96 (Ak., I, 487).

⁹¹ *Neuer Lehrbegriff*, 101-102. (Ak., II, 17).

experiencia”.⁹² Ciertamente Einstein se inspiró en Mach y aunque conocía muchos de los escritos de Kant nunca se refirió a éste. Sea como fuere, podemos afirmar que este brevísimo texto de Kant constituye un antecedente claro de la Teoría de la relatividad.

II.7. El concepto de existencia en *El único argumento posible para una demostración de la existencia de Dios*.

Este escrito se propone dejar claro que *la existencia no puede dejarse absorber por la lógica*. Mediante el análisis del concepto de existencia se rompe el paralelismo entre el orden lógico y el orden real. Kant dirá, por primera vez, que la existencia no es un predicado de la cosa. Si decimos que algo existe, ese algo no queda enriquecido en su concepto sino que su concepto queda absolutamente afirmado. La existencia no puede ser conocida mediante una definición porque no es un predicado o determinación de la cosa. Algo puede ser (o ser puesto) relativa (*respectus logicus*) o absolutamente (*als Dasein*). El conocimiento de la existencia no puede deberse al orden lógico, pues éste sólo nos da la posición relativa.⁹³ El concepto de existencia es casi irreductible. No es un atributo, es algo en sí mismo y por sí mismo. El concepto de posición pretende explicitar el concepto de existencia. La posición habla de dos cosas:

- *Lo que es puesto*: Lo real como posible, la esencia de la cosa.
- *Cómo ello es puesto*: Lo posible como no real, la existencia fáctica.

Posibilidad y realidad son dos aspectos inconmensurables de la cosa. La esencia se refiere al orden lógico-formal, mientras que la existencia está inserta en el orden real y efectivo:

Cien táleros reales no poseen en absoluto mayor contenido que cien táleros posibles. En efecto, si los primeros contuvieran más que los últimos y tenemos, además, en cuenta que los últimos significan el concepto, mientras que los primeros indican el objeto y su posición, entonces mi concepto no expresaría el objeto entero ni sería, consiguientemente, el concepto adecuado del mismo. Desde el punto de vista de mi situación financiera, en cambio, cien táleros reales son más que cien táleros en el mero concepto de los mismos (en el de su posibilidad), ya que, en el caso de ser real, el objeto no sólo está contenido analíticamente en mi concepto, sino que se añade sintéticamente a tal concepto (que es una mera determinación de mi estado), sin que

⁹² Mach, E., *The Science of Mechanics*. Open Court Pub. Co., La Salle, 1942, p. 280.

⁹³ Cfr. *Beweisgrund*, 50 (Ak., II, 74). V. t. *Ibíd.*, 48 (Ak., II, 72).

los mencionados cien táleros queden aumentados en absoluto en virtud de esa existencia fuera de mi concepto.⁹⁴

Esta conclusión es muy importante porque impide inferir la existencia del concepto, y también, porque prepara la distinción crítica entre el entendimiento y la sensibilidad. Esta distinción la entenderá Kant debida a funciones cognoscitivas diferentes y no como grados de una misma función. La irreductibilidad de la existencia al orden lógico hace que tengamos que remitirnos a lo diferente de sí. En adelante, toda atribución de existencia tendrá que fundarse en los datos suministrados por la sensibilidad.

Kant entiende que el resultado principal de la confusión wolffiana de ambos planos cristaliza en *la prueba ontológica de la existencia de Dios*. Si la existencia no es ni puede ser parte de la esencia de una cosa, el puro ejercicio del pensamiento bastará para determinar la esencia, pero no para conocer la existencia de la cosa. El argumento ontológico que probaba la existencia de Dios queda así refutado. Pero queda un camino, este camino es la única base posible para la demostrar la existencia de Dios. Si nada existiera tampoco existiría la mera posibilidad, por consiguiente existe necesariamente Algo que encierre en sí todos los datos y la materia de lo pensable, es decir, Dios.⁹⁵ En *Crítica* se dará cuenta de que este camino no es el correcto, en “Del ideal trascendental” tratará el concepto de Dios como un Idea de la razón.

II.8. Disquisiciones sobre la aplicación de la *oposición privativa* a los conceptos filosóficos.

En *Sobre la introducción del concepto de las magnitudes negativas en filosofía* (1763) se señala aún más la separación entre las relaciones lógicas y las relaciones reales, ahora con motivo de la relación de causalidad.⁹⁶ Veamos las diferentes formas de oposición:⁹⁷

⁹⁴ *KrV.*, A 599/B 627.

⁹⁵ Cfr. *Beweisgrund*, 60. (Ak., II, 83).

⁹⁶ Vleeschauer, H.-J. de, *Op. cit.*, 38.

⁹⁷ *Versuch*, 121-123 (Ak., II, 171-172).

- *Oposición lógica*: La única conocida por la metafísica tradicional. Cuando dos *términos* se niegan mutuamente se dice que son *contradictorios*.⁹⁸ Dos conceptos contradictorios se anulan de tal modo que su unión produce un absurdo, *nihil negativum, irrepresentabile*. Por ejemplo la presencia del mal como ausencia o limitación del bien, o lo que sucede cuando afirmamos y negamos la misma cosa.
- *Oposición real (relación de causalidad)*: Dos realidades que se oponen *privativamente* se anulan, dan un cero relativo pero no generan un absurdo, sino un *nihil privativum, representabile*. Es la propiedad efectiva de dos propiedades o predicados contrarios en un mismo sujeto. Producen un equilibrio entre dos fundamentos, principios o fuerzas reales. Por ejemplo dos vectores de igual dirección pero diferente sentido se anulan, o +7 y -7. Ambas realidades son igualmente positivas, sólo varía el signo.

El planteamiento general del libro hace presagiar un cambio en la forma de entender la metafísica, cambio que se hará evidente en *Sueños de un visionario ilustrados con los sueños de la metafísica* de 1766. En contraposición con la metafísica la matemática es una ciencia totalmente segura. Por tal motivo es posible que la metafísica pueda adoptar ciertas proposiciones de la ciencia matemática. Para ver si esto es así Kant toma el concepto de magnitud negativa, concepto matemático fundamental, e intenta aplicarlo al principio de causalidad y al conocimiento de Dios.

La *razón* de algo es el fundamento de la validez de ese algo, mientras que la *causa* hace referencia a la existencia de una cosa. De ahí que se pueda entender cómo una consecuencia depende de su fundamento en virtud del principio de identidad, pues el análisis del concepto de éste me revela a aquella como comprendida en él. Pero que algo resulte de otra cosa de la que no es ni una parte, ni una determinación, ni una propiedad, hace de la causalidad algo incomprensible. Además su alcance no está justificado porque no está justificada la universalidad del enlace entre la causa y el efecto. Kant da múltiples ejemplos de magnitudes negativas en las ciencias y en la ética. Pero la conclusión más importante del tratado es que la perfección del mundo

⁹⁸ En este contexto se entiende “término” como “concepto”, respetando así la diferencia establecida en la lógica tradicional entre sus dos tipos de oposición, a saber, la de los términos (conceptos) y la de las proposiciones (juicios); estos últimos tienen sus propias *reglas de oposición*, expresadas en el famoso *cuadrado lógico de Boecio* que representa, de manera gráfica, las posibles formas de oposición entre los cuatro tipos de proposiciones categóricas (A, E, I, O).

consiste en el conflicto de causas reales y opuestas. La tensión entre los contrarios es lo que mueve el mundo. De ahí que en el mundo exista un equilibrio entre las magnitudes positivas y las magnitudes negativas. El principio de causalidad consiste en el mencionado equilibrio. Ante esto se pregunta Kant “¿cómo puedo yo entender que, porque algo es, algo distinto (también) es?”⁹⁹ Kant trata de mostrar el carácter no analítico del principio de causalidad ya que “*el principio real no es nunca un principio lógico*, y la lluvia no es puesta por el viento según el principio de identidad.”¹⁰⁰

Por eso nos dice Kant que la relación real o de causalidad no puede expresarse mediante un juicio, sino mediante un concepto, entendiendo por juicio la relación entre dos conceptos regidos por el principio de identidad, y por concepto algo que se obtiene en la percepción de cosas sensibles.¹⁰¹ El problema de la causalidad es uno de los problemas fundamentales que se propone solucionar con la *Crítica*. Como hace notar Atilano Domínguez, la crítica a este principio insinúa ya la existencia de ciertos conceptos metafísicos claves que quedan injustificados, tales conceptos serán los futuros conceptos puros del entendimiento o categorías de la *Crítica de la razón pura*.¹⁰²

Una consecuencia importante, que no debe ser pasada por alto, reside en que la oposición real representa un ataque sin precedentes a la teología racional, incluso mayor que el que supuso que la existencia no fuera un predicado real. La posibilidad de Dios se torna problemática cuando se contemplan sus realidades como contradictorias. Desde el prisma de la oposición lógica tal cosa no es demasiado grave, puesto que las realidades no contienen nada negativo y no puede haber contradicción u oposición lógica entre ellas. El problema aparece cuando se contempla desde el ángulo de la oposición real, de modo que la infinita justicia anule la misericordia infinita o la omnipotencia destruya la inteligencia. De todas formas, en la filosofía crítica cabe la posibilidad de que la oposición real sólo pueda darse en el mundo fenoménico, no en el orden exclusivamente inteligible de las cosas en sí.

⁹⁹ *Ibíd.*, 162 (Ak., II, 202).

¹⁰⁰ *Ibíd.*, 163 (Ak., II, 203).

¹⁰¹ Evidentemente este no será el sentido crítico de *concepto*.

¹⁰² *Ibíd.*, 191-192, n. 111.

Como observa Navarro Cordón la crítica al racionalismo que conllevan los textos precríticos irá perfilando paulatinamente las ideas de Kant acerca del conocimiento.¹⁰³

II.9. Método y metafísica en *La investigación sobre la nitidez de los principios de la teología natural y de la moral*.

La diferenciación entre oposición lógica y oposición real sirve de antecedente a la *Investigación sobre la nitidez de los principios de la teología natural y de la moral* (1764).¹⁰⁴ Podemos considerar que el libro es un tratado del método que ha de seguir la metafísica.¹⁰⁵ Se trata de ver si las verdades metafísicas en general, y en particular los primeros principios de la *theologia naturalis* admiten las mismas pruebas claras que las verdades geométricas.

En este libro Kant entiende la matemática como un juego lógico entre conceptos arbitrarios, a diferencia de la metafísica que requiere conceptos que representen realidades efectivas. La matemática une sus conceptos mediante síntesis, mientras que la metafísica procede mediante análisis o descomposición. En la matemática lo definido no se da antes de la definición, sino que se origina en y mediante ella. Como los conceptos de la matemática son arbitrarios su síntesis también lo es. En metafísica se parte de algo dado pero confuso, por eso hay que esclarecerlo mediante el análisis; hay que proceder de modo enteramente analítico. La matemática considera lo general bajo signos “in concreto”, la filosofía bajo signos “in abstracto”. Los signos de la filosofía son palabras, la relación semántica con su referente es problemática, eso hace que existan tantos conflictos irresolubles en filosofía y tan pocos en matemática. Además el objeto de la matemática es simple, siendo muy complejo el de la metafísica. El método cartesiano para la metafísica pretendía alcanzar la certeza única para todas las ciencias, pero el método propuesto por Kant abandona esa pretensión; cada ciencia tiene su propio campo categorial, como diría Gustavo Bueno. El método de la metafísica será análogo al método newtoniano en física.

¹⁰³ Cfr. Navarro Cordón. Art. cit, 91.

¹⁰⁴ Aunque esta obra se date oficialmente en 1764 el manuscrito fue entregado a la Academia Prusiana antes del 1 de enero de 1763. En adelante la situaremos cronológicamente en el año 1762.

¹⁰⁵ Vleeschauwer, H.-J. de, *Op. cit.*, 39.

Posteriormente abandonará la concepción de la ciencia matemática que aquí defiende, pero por el momento niega que la metafísica tenga que imitar a la matemática en su método. La metafísica debe reformar su método si quiere salir del dogmatismo en el que está presa, para ello tendrá que partir de representaciones dadas aunque el concepto de éstas sea provisional. Todo partir de conceptos arbitrariamente establecidos es caer en el dogmatismo, por eso la metafísica deberá partir de evidencias inmediatas.

El marcado lenguaje empirista que usa Kant en la década 1760-1770 puede inducir a la confusión en algunas de las expresiones centrales del libro.¹⁰⁶ Nos referimos principalmente a las expresiones “experiencia” e “intuición”. La intuición en este escrito debe entenderse como un recurso o medio auxiliar no como el fundamento de la ciencia matemática.¹⁰⁷ Cuando dice Kant que todos nuestros juicios tienen que apoyarse en la experiencia, parecería que está apelando a lo puramente empírico, sin embargo, por “experiencia” comprende aquellas maneras de saber inmediato con las que la metafísica ha de comenzar. Igualmente sucede cuando utiliza la expresión “experiencia interna” como conciencia inmediata y evidente.¹⁰⁸ Obviamente, la “experiencia interna” así entendida no puede ser un dato sensorial sino la condición de posibilidad de éstos, es decir, se trata de algo que trasciende a cada representación empírica aunque no se entienda sin éstas, y que por consiguiente, perdura inalterable frente al devenir fenoménico. Estamos ante uno de los momentos más decisivos de la gestación del pensamiento de Kant. La “experiencia interna” hace referencia a las formas de conciencia inmediata de las que ha de partir la metafísica, por eso, aunque Kant tan sólo lo intuya, estas formas de conciencia deben constituir los diferentes aspectos de la conciencia de sí. Dicho de otra manera, la conciencia de

¹⁰⁶ El lenguaje empirista que emplea Kant en esta fecha pudo deberse a varios motivos, a saber, a tópicos de la época, a la lectura de Hume y a la lectura de fuentes comunes. Que sea una sola la causa o todas ellas es algo que no se puede saber con rigor. Kant pudo haber leído la *Investigación sobre el entendimiento humano* de Hume, traducida como *Philosophische Versuche über die Menschliche Erkenntnis*, en el año 1754; sin embargo, no hay indicios de ello hasta la década de los 60. Cfr. Rábade Romeo, S., *Hume y el fenomenismo moderno*. En *El Empirismo. David Hume (Obras. Vol. II)*. Edición de Concha Cogolludo, Trotta, Madrid, 2004, pp. 528, 529 y 535.

¹⁰⁷ Cassirer, E., *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia modernas*. Vol. II: *Desarrollo y culminación del racionalismo. El problema del conocimiento en el sistema del empirismo*. Libro séptimo: *La filosofía crítica*; traducción de Wenceslao Roces, Fondo de Cultura Económica, México, DF., 1956, p. 545.

¹⁰⁸ Cfr. *Deutlichkeit*. 72 (Ak., II, 286).

sí es aquello que posibilita que tengamos percepciones. Esta conciencia inmediata y evidente será identificada con el espacio en la disertación *Sobre el fundamento primero de la diferencia entre las regiones del espacio* de 1768.

La metafísica queda tras este ensayo como un saber que tiene por objeto cosas existentes, siendo su principio el de causalidad y su método el análisis. Su objeto está pendiente de lo contingente y lo particular, así como sus conocimientos. El método de la física deja a la metafísica totalmente depauperada, reducida casi exclusivamente a establecer los límites del conocimiento. No obstante la consideración de la metafísica en su función de límite del conocimiento se hará más nítida en el libro siguiente.

II.10. Crítica al racionalismo en *Sueños de un visionario*.

Sueños de un visionario ilustrados con los sueños de la metafísica (1766) es un libro diferente a los anteriores, en parte por la influencia de Jean-Jacques Rousseau.¹⁰⁹ El tono irónico así como el tema tratado lleva a Kant a disculparse ante sus lectores. Kant da varias explicaciones acerca de los motivos que le llevaron a escribir un texto así: habla de la presión de sus allegados, del dinero que gastó en adquirir la obra del visionario Emmanuel Swedenborg (1688-1772), etc. Kant toma la obra de Swedenborg, como representativa de todo aquel que entra en contacto con espíritus que revelan conocimientos ocultos a los sentidos, para criticarla. En realidad, el texto se dirige contra el dualismo sustancialista cartesiano y la concepción alma-cuerpo a él asociada, así como a las soluciones radicales del *ocasionalismo* de Malebranche¹¹⁰ o la doctrina espinocista del *paralelismo psicofísico*.¹¹¹

De este libro destacaremos dos aspectos fundamentales y un tercero colateral, el primero es que mantiene la relación alma-cuerpo expuesta en la *Monadologia*

¹⁰⁹ Cfr. Vleeschauwer, H.-J. de, *Op. cit.*, 45.

¹¹⁰ El ocasionalismo de Nicolas Malebranche (1638-1715) entiende que Dios, aprovechando la *ocasión* del choque de los estímulos físicos con nuestros órganos sensoriales, graba las percepciones en nuestra conciencia; y con *ocasión* de las decisiones de nuestra voluntad, aprovecha para ejecutar nuestros actos en el mundo material. Es decir, se intenta privilegiar del papel divino en orden a la actividad existente en el mundo. Dios es la causa única del movimiento. Las creaturas son mera *ocasión* para que Dios ejerza su auténtica y única causalidad. Las causas naturales no son verdaderamente causas sino *ocasiones* que únicamente obran por el poder y eficacia de la voluntad divina.

¹¹¹ “El orden y conexión de las ideas es el mismo que el orden y la conexión de las cosas.” Spinoza, B., *Ética demostrada según el orden geométrico*. Introducción, traducción y notas de Vidal Peña, Alianza, 1999, p.116. (E.I.7).

physica; el segundo reside en el rechazo a la metafísica dogmática y en tercer lugar, el concepto de espacio.

Para realizar un buen examen de la obra de Swedenborg Kant comienza por definir lo que es un espíritu:

Así pues, sólo podréis mantener el concepto de espíritu si pensáis en seres que puedan estar presentes incluso en un espacio lleno de materia; seres que no posean en sí mismos la propiedad de la impenetrabilidad y que nunca podrán formar un todo sólido por mucho que se unan unos con otros en el número que se quiera. A los seres simples de esta clase se les llamará seres inmateriales y, si poseen razón, espíritus. En cambio, a las sustancias simples de cuya composición resulta un todo impenetrable y extenso se les llamará unidades de materia y materia a su conjunto. O el nombre de espíritu es una palabra sin sentido o su significado es el que hemos dicho.¹¹²

En el capítulo primero se realiza la exposición de las características de las sustancias espirituales en términos de fuerza activa o repulsión. Como explica la *Monadologia physica*, el alma ocupa un espacio sin llenarlo:

Al menos no se objetará ninguna imposibilidad demostrable, a pesar de que el asunto mismo permanezca incomprendible, si afirmo que una sustancia espiritual, aunque sea simple, *ocupa*, sin embargo, un espacio (es decir, puede ser inmediatamente activa en él) sin *llenarlo* (es decir, sin oponer resistencia a sustancias materiales).¹¹³

Rechaza la doctrina de Descartes que sitúa el alma en la glándula pineal mostrándose mucho más cercano a la tesis escolástica medieval, según la cual el alma reside en todo el cuerpo y en cada una de sus partes.¹¹⁴ Por eso irónicamente dice:

Después me arrojaría a los pies de esos sabios para oírles decir: el alma del hombre tiene su sitio en el cerebro y su morada es un lugar indescriptiblemente pequeño del mismo.¹¹⁵

Pero lo más representativo de este libro es que expone abiertamente el rechazo a la metafísica dogmática que había insinuado en su *Intento de introducir en la filosofía el concepto de las magnitudes negativas* (1763). A los visionarios los considera enfermos a los que sus sensaciones les engañan, por eso les denomina *soñadores de la sensación*. Mucho más grave es, a su juicio lo que sucede con los metafísicos, los cuales, estando perfectamente sanos, caen en vanos sueños de la razón; por eso les llama *soñadores de la razón*. Para no caer en los ensueños de la

¹¹² *Träume*, 32 (Ak., II, 321).

¹¹³ *Ibíd.*, 35 (Ak., II, 323).

¹¹⁴ Cfr. *Ibíd.*, 36 (Ak., II, 325).

¹¹⁵ *Ibíd.*, 37. (Ak., II, 326).

razón hay que acotar el alcance de las investigaciones. Como bien sabemos, sólo con la creación de la filosofía crítica encontrará Kant la forma de poner límites racionales a la razón misma. Pero ya aquí se propone examinar si aquello a que aspira la metafísica está dentro de las posibilidades del conocer humano, en relación siempre con los conceptos de experiencia sobre los cuales han de apoyarse siempre nuestros juicios. La crítica a la metafísica representa el cambio en la manera de pensar de Kant. Será justamente la imposibilidad de una ciencia de lo suprasensible lo que le conducirá a elaborar la *Crítica de la razón pura*. Pero de momento, la razón no está limitada en sí misma, aspecto fundamental en la *Crítica*, como expone Heidegger en *Kant y el problema de la Metafísica*. Además en esta obra los límites son impuestos desde fuera, la metafísica se encuentra supeditada al campo de la experiencia.

El tema del espacio no está tratado explícitamente en *Sueños de un visionario*, pero puede ser analizado en función de la relación alma-cuerpo. Tanto en la *Monadologia physica* como en *Sueños* entiende el espacio como fenómeno de la interacción de las cosas espaciales, pero si esto es así, no es posible atribuir al alma un lugar en medio de los cuerpos que interactúan. La interacción entre alma y cuerpo queda de ésta manera irresuelta. Es muy posible que esta sea la razón que llevó a Kant a modificar, como veremos, su concepción del espacio. En *Sueños* entiende el alma como una substancia simple debido a la inmortalidad de ésta. En la *Monadologia physica* se encuentra una manera de entender cómo una sustancia simple puede “llenar” un espacio, pero ¿cómo algo espiritual puede ejercer una acción sobre las sustancias materiales? Sólo un cambio global en la concepción del espacio podrá dar una solución satisfactoria a este problema. La disolución de esta aporía vendrá de reconocer que sólo es posible hablar con razón de aquello que sea susceptible de ser proporcionado por los datos de nuestros sentidos.

II.11. Explicación del concepto de *espacio absoluto* en *Del primer fundamento de la diferencia entre las regiones del espacio*.

Este artículo, publicado en un semanario de Königsberg, marca un cambio en la concepción de Kant acerca del espacio. El espacio relacional concebido como un ente de razón deja paso a la concepción del espacio absoluto con existencia real:

En efecto, las situaciones de las partes en el espacio, en sus relaciones mutuas, presuponen la región según la cual se ordenan en tal relación; y, en el sentido más abstracto, la región no consiste en la relación de una cosa con otra en el espacio (lo cual es propiamente el concepto de situación), sino en la *relación* del sistema de estas situaciones al espacio absoluto del universo.¹¹⁶

El nuevo método expuesto en el escrito acerca de *La nitidez de los principios de la teología natural y la moral* obliga a comenzar por evidencias inmediatas, reservando para más tarde los conceptos:

Mi objetivo en esta disertación es investigar si, en los juicios intuitivos de la extensión, similares a los que contiene la geometría, no se puede hallar una prueba evidente de que *el espacio absoluto, independiente de la existencia de toda materia, e incluso como primer fundamento de la posibilidad de su composición, posee una realidad propia.*¹¹⁷

Como el espacio absoluto no se puede percibir, tendremos que dar cuenta de él atendiendo al fundamento primero de diferencia entre las regiones del espacio.¹¹⁸ Este fundamento nos dará la prueba evidente a la que Kant se refiere, y la prueba la proporcionan las *parejas incongruentes*. La prueba que busca Kant tiene que cumplir con los requisitos del nuevo método, habrá de partir de un hecho inmediato y evidente, pero no hará falta disponer inicialmente de un concepto claro y distinto de espacio. El hecho evidente consiste en que para determinar los caracteres espaciales de un cuerpo no basta indicar las posiciones relativas de sus partes, sino también su orientación respecto a las regiones del espacio, siendo éstas parte del espacio único.

El espacio se divide, en función de nuestro cuerpo, en seis regiones: arriba y abajo, derecha e izquierda, anterior y posterior. La diferenciación entre las regiones del espacio se encuentra en la naturaleza por doquier, en las páginas del texto se dan numerosos ejemplos de cómo en los seres naturales existen tales diferencias.¹¹⁹ Esta nueva idea de Kant no contradice la metafísica tradicional. La sustancia viene configurada por la propia esencia, es decir, la esencia conforma a la sustancia. Si la forma de las sustancias está referida al espacio, este espacio tiene que ser el mismo para todas las sustancias, luego el espacio no es algo meramente relacional sino

¹¹⁶ *Von dem ersten Grunde*, 168 (Ak., II, 377).

¹¹⁷ *Ibíd.*, 169. (Ak., II, 378).

¹¹⁸ Si bien Leonhard Euler (1707-1783), al que Kant cita unas líneas más adelante, se refiere a las leyes mecánicas y no al espacio absoluto, la búsqueda de un absoluto tiene ciertas analogías entre ambos autores. La misma analogía puede hacerse extensible, aunque quizá con más reservas, al esfuerzo de Einstein por encontrar una magnitud absoluta tras haber eliminado el espacio y el tiempo absolutos de la mecánica newtoniana. Cfr. *inf.*, 170.

¹¹⁹ Cfr. *Ibíd.*, 170-174 (Ak., II, 379-381).

universal y absoluto.

Los cuerpos rígidos, es decir, aquellos cuerpos en los que no varía la distancia entre sus puntos, son congruentes cuando uno puede ocupar la posición del otro dentro de los mismos límites. Pero sucede que hay cuerpos rígidos iguales y semejantes a otros respecto a sus determinaciones externas, pero que sin embargo no coinciden dentro de los mismos límites (cuerpos enantiomorfos).¹²⁰ Esta circunstancia es achacada por parte de Kant a una diferencia interna del propio cuerpo. Los cuerpos tienen en sí mismos una referencia al espacio que no depende de las posiciones relativas entre ellos, sino de su referencia al espacio absoluto. Estos cuerpos los denomina Kant *pareja o contrapartida incongruente (inkongruente Gegenstücke)*¹²¹ y pone como ejemplo más común de ellos lo que sucede entre la mano izquierda y la mano derecha.¹²²

Por tanto, está claro que las determinaciones del espacio no son consecuencia de las situaciones de unas partes de la materia respecto a otras, sino que éstas son consecuencia de aquellas; que, por lo mismo, en la constitución de los cuerpos se pueden encontrar diferencias, y ciertamente diferencias verdaderas, que se refieren *exclusivamente* al espacio absoluto y originario, ya que sólo por él es posible la relación de cosas corpóreas; y que, como el espacio absoluto no es objeto de una sensación externa, sino un concepto fundamental que hace radicalmente posibles todas éstas, sólo por la contraposición con otros cuerpos podemos nosotros captar aquello que en la forma de un cuerpo concierne exclusivamente a su relación con el espacio puro.¹²³

Sorprende este cambio en el planteamiento de Kant en el que parece adherirse a la doctrina newtoniana. Sin embargo existe una diferencia importante entre ambas concepciones. El espacio absoluto de Kant es originario, es decir, no es objeto de la

¹²⁰ Son enantiomorfas dos figuras que presenten simetría quiral o especular, es decir, que sean simétricas con relación a un plano de simetría, o a un centro. Dos figuras enantiomorfas están relacionadas por una razón geométrica análoga a la que existe entre un objeto y su imagen en un espejo o entre la mano izquierda y la derecha. Sólo hay cuerpos enantiomorfos en un espacio orientable. Kant desconocía la existencia de los espacios no-orientables. Un ejemplo de espacio no-orientable de dos dimensiones nos lo proporciona la banda de Moebius. Los espacios no-orientables de tres dimensiones no pueden representarse de una manera tan sencilla.

¹²¹ Sobre la repercusión de las parejas incongruentes en la obra posterior de Kant ver: *Dissertatio*, 22 (Ak., II, 403). *Proleg.*, § 13 (Ak., 285-286). En este trabajo hacemos referencia a esta parte de los prolegómenos, *vid.*, inf., 120. *MANW*, 24, 3.^a Observación (Ak., IV, 483, 25); Kant, E., *Orient.*, 38 (Ak., VIII, 134-135).

¹²² Cfr. *Von dem ersten Grunde*, 173-175 (Ak., II, 381-382).

¹²³ *Ibíd.*, 177 (Ak., II, 383).

sensación externa sino un concepto fundamental que posibilita los objetos. El espacio absoluto de Newton no incluye la originariedad.¹²⁴

Hay varias razones que pudieron llevar a Kant a plantear un espacio absoluto y real, pero creemos que hay una razón fundamental. Recordemos que la *Nova dilucidatio* proponía al intelecto divino como la responsable de la comunidad de las sustancias. Si se introduce un espacio como el que Kant expone en este escrito, será éste el que permita las relaciones recíprocas entre las sustancias. De esta manera Kant encuentra una solución a la acción transitiva real entre las sustancias finitas sin tener que recurrir a una “armonía preestablecida” por la inteligencia divina, volveremos sobre este tema al tratar la *Dissertatio* del 70.

El giro también pudo darse por el problema de la interacción entre el alma y el cuerpo. La concepción relacional del espacio, mantenida al menos hasta 1763 parecía hacerla imposible. Sin embargo este nuevo parecer tampoco estará exento de dificultades en ese terreno. Todo lo que tiene lugar en el espacio depende del espacio en su ser, el alma, por lo tanto, o bien carece de lugar, y entonces no se entiende cómo pueda actuar sobre las cosas espaciales, o bien lo tiene, y entonces el espacio es el principio que la hace posible. De esta manera llegamos a una concepción puramente material del alma. Además, el espacio real y absoluto hacía resurgir el problema de lo que después se llamaría segunda antinomia.

Otra cuestión central, que debió hacer a Kant replantearse las conclusiones previas a este escrito, viene de la mano de la idea metafísica de relación. Para la geometría puede establecerse una relación entre dos puntos. En principio, un punto no se diferencia internamente de otro punto dado. Pero, según la metafísica, dos sustancias con idénticos atributos no pueden relacionarse entre sí. Tiene que existir al menos una diferencia en sus atributos, porque de lo contrario estaríamos hablando de la misma sustancia. Si esto es así, la matemática resultaría inaplicable a la física. Ante esta situación sólo hay dos caminos:

¹²⁴ Tomamos esta importante diferencia entre la concepción del espacio newtoniana y la expresada en el texto Kant de 1768 de Villacañas Berlanga, J. L., *La formación de la crítica de la razón pura*. Universidad de Valencia, 1980, p. 72, el cual agradece a su vez tal precisión al Prof. Navarro Cordon, p. 72, n. 182.

- El espacio es absoluto y real, es decir, posee realidad sustancial.
- El espacio es absoluto e ideal, lo cual conlleva que los cuerpos que se dan en este espacio ideal sean también ideales.

III. La nueva concepción del espacio y el tiempo: De la Dissertatio a la Estética trascendental.

III.1. La nueva concepción del espacio y el tiempo en la *Dissertatio*. III.1.1. Génesis y concepción del espacio y el tiempo. III.1.2 Separación y relaciones entre la sensibilidad y el entendimiento. III.1.3. El espacio y el tiempo como formas del mundo sensible. III.2. Comparaciones entre la *Dissertatio* y la *Crítica*. III.3. Transición de la *Dissertatio* a la *Estética trascendental*. III.3.1. 1772: Carta a Marcus Herz (21-2-1772) (Ak., X, 129-135). III.3.2. Del 75 al 80.

III.1. La nueva concepción del espacio y el tiempo en la *Dissertatio*.

Ante la posibilidad de acceder al *ordinariat*, por estar vacante la cátedra de Teología, Kant escribe la disertación latina *Sobre la forma y los principios del mundo sensible y el mundo inteligible* de 1770.¹²⁵ En esta tesis se plantea el plan a seguir en su futuro trabajo; y aunque los resultados no fueran los esperados, las ideas expresadas tienen plena conexión. La clave de lo que en ella se expone es la nueva doctrina del espacio y el tiempo, la cual permite distinguir entre lo sensible y lo inteligible. Debido a la riqueza conceptual que Kant vierte en este libro abordaremos sus planteamientos en tres apartados. Comenzaremos con la posible génesis y concepción del espacio y el tiempo, pasaremos a analizar la separación y las relaciones entre sensibilidad y entendimiento, y terminaremos hablando nuevamente del espacio y el tiempo pero ya como formas del mundo sensible.

III.1.1. Génesis y concepción del espacio y el tiempo.

En la *Dissertatio* de 1770 se presenta la paradoja de las parejas incongruentes como un argumento que confirma que la representación del espacio es una representación intuitiva. Estima que la diferencia entre ambos cuerpos no puede ser establecida de manera conceptual.¹²⁶ El espacio y el tiempo no son características efectivamente existentes. Kant concibe ya en este momento a los objetos como fenómenos, derivándose de ello la idealidad del espacio y el tiempo.

En este escrito encontramos la doctrina del espacio definitiva en Kant. El espacio no es real, sino ideal, no posee existencia fuera del espíritu humano. Es el principio que condiciona la manera de representarnos los objetos que nuestros sentidos nos proporcionan. Tenemos la siguiente evolución:

- 1764.- Kant sigue concibiendo el espacio como un mero sistema de relaciones, fundado en la realidad de las cosas espaciales. (*La verdadera manera de calcular las fuerzas vivas*).

¹²⁵ Cfr. Vleeschauwer, H.-J. de, *Op. cit.*, 59.

¹²⁶ *Dissertatio*, 22 (Ak., II, 403).

- 1768.- Afirma la realidad del espacio absoluto. (*Sobre el fundamento primero de la diferencia entre las regiones del espacio*).
- 1770.- Afirma la idealidad del espacio y el tiempo. (*Dissertatio*).

Kant no refuta la concepción de 1768, sino que la utiliza como refuerzo de su concepción posterior. Recordemos que los argumentos del 68 destruyen la primera concepción kantiana del espacio, la leibniziana, al demostrar que el espacio posibilita el ser de las cosas espaciales; pero ellos no establecen necesariamente la concepción newtoniana.

Como ya sabemos, la precedencia ontológica del espacio puede entenderse de dos maneras: en 1768 el espacio y sus objetos existen independientemente de nuestras representaciones, en 1770 el espacio será tomado como ideal y por ende también las cosas que se dan en él. El cambio de concepción no supone, pues, un abandono, sino una importante reinterpretación de los pensamientos expuestos en su artículo del 68 *Sobre el fundamento primero de la diferencia entre las regiones del espacio*.

En el escrito de 1768 Kant apreciaba la dificultad que entraña determinar conceptualmente el ser del espacio. Sin embargo, su precedencia respecto al ser de las cosas espaciales fue establecida sin dificultad, en virtud de una evidencia inmediata. Pero tal solución generaba más problemas de los que resolvía. Implicaba suponer dos entes metafísicos infinitos, el espacio y el tiempo. Además se corría el riesgo de dar al espacio el estatuto ontológico atribuido tradicionalmente a Dios. De suceder esto se caería en el espinocismo. Sólo si entendemos que el espacio es ideal podremos afirmar que éste precede y funda la posibilidad de las cosas. La doctrina crítica de la idealidad del espacio y el tiempo es la única alternativa que se puede oponer a las ideas de Spinoza.

Otro motivo clave para el abandono de la doctrina de la existencia real del espacio absoluto fue el problema de la interacción entre alma y cuerpo. Parece que Kant no estaba satisfecho con la solución dada en la *Monadologia physica*, pero la nueva doctrina tampoco ofrecía una buena solución. Tanto la tesis de que el espacio es sólo la interacción de las substancias, como la tesis de la realidad absoluta del espacio, llevan aparejado el problema de la relación alma-cuerpo a un callejón sin

salida. Kant resolverá esta cuestión estableciendo una íntima conexión entre el espacio y la existencia humana, pero no fundamentando ésta en aquél sino al contrario.

Sin embargo, el problema fundamental que preocupa a Kant, y que podemos decir que es el elemento más importante para que llegara a la nueva concepción del espacio y del tiempo, es el conflicto de la razón consigo misma. En la *Crítica de la razón pura* aparece bajo el título de *antinomia de la razón pura*. Lo que se conoce como las “antinomias kantianas” son, en realidad, una sola antinomia que se manifiesta en cuatro cuestiones que admiten, aparentemente, dos soluciones contradictorias cada una. Si el espacio es ideal y precede a las cosas que son espaciales, éstas se convierten en fenómenos. En eso radica la clave para aclarar el conflicto de la razón consigo misma. En efecto, si las cosas espaciales y temporales fueran existentes por sí mismas (cosas en sí) se produciría la antinomia, pero si tomamos las cosas como fenómenos, es decir, manifestaciones que se dan a la conciencia de entes que, por sí mismos, no son ni espaciales ni temporales, la antinomia desaparece.

La solución al conflicto que aparece en los *Prolegómenos* (§§ 50-54) es la siguiente: en el fundamento de las dos primeras antinomias, también llamadas antinomias matemáticas porque se ocupan de la adición o la división de lo homogéneo, yace un concepto contradictorio debido a que tanto la tesis como la antítesis son falsas porque toman el mundo como una *cosa en sí*, cuando sólo es un modo de representación. En el segundo tipo de antinomia (dinámica), la falsedad de la presuposición consiste en que lo que no es compatible es representado como contradictorio, pudiendo ser ambas verdaderas. Esto sucede porque la naturaleza y la libertad pueden atribuirse sin contradicción a la misma cosa pero en distinto respecto, una vez como fenómeno, otra vez como *cosa en sí*, la confusión viene cuando eso no se respeta.¹²⁷

La segunda antinomia nos da una idea clara de la magnitud del problema y de cómo conduce a Kant a entender los objetos como fenómenos. En la *Crítica* dice que en el mundo corpóreo hay cosas compuestas, pero lo simple no se encuentra.

¹²⁷ Q. v. inf., 241 nota 41 y 293 nota 125.

Cuando pensamos en un compuesto como *cosa en sí*, hay que pensarlo como compuesto todo él de sustancias simples, pero eso no es lícito respecto de la intuición, que nos dice lo contrario. De esto se sigue que, aunque nuestros sentidos se agudizaran infinitamente, sería del todo imposible para ellos encontrar lo simple. La única salida que queda es, pues, admitir que no podemos tomar los cuerpos como *cosas en sí*, siendo su representación sensible el fenómeno de algo que, como *cosa en sí*, podría contener lo simple.

El problema del alma y el cuerpo encontrará igualmente salida por esta vía, es decir, gracias a la diferenciación entre *cosa en sí* y fenómeno. Esta vez el conflicto será llamado *paralogismo*, es decir, razonamiento falso, pero para ello habrá que esperar a la *Crítica de la razón pura*.¹²⁸

Tampoco debemos olvidar el tiempo.¹²⁹ El tiempo no puede ser algo existente porque la atribución de existencia implica ya una determinación temporal. Si existe un tiempo real (existente) se requeriría otro tiempo donde este pueda darse, lo cual no hace sino aplazar el problema. La idealidad del espacio va unida a la idealidad del tiempo y de ésta podemos encontrar varios antecedentes. Aristóteles define el tiempo en el libro IV de la *Física* de esta manera:

Porque el tiempo es justamente esto: número del movimiento según el antes y el después. Luego el tiempo no es movimiento, sino su aspecto numerable. Un signo de esto es el hecho de que distinguimos lo mayor y lo menor por el número, y el movimiento mayor o menor por el tiempo.¹³⁰

Por ser algo del movimiento, si cesaran todos los movimientos o cambios así exteriores como interiores, cesaría el tiempo. Pero el tiempo no se reduce al cambio, sino que es su número o medida según el antes y el después. Por lo tanto si faltara en nosotros aquello que numera habría movimiento, pero no tiempo. Lo que numera es el alma. El famoso aserto está en el siguiente pasaje:

¿Existiría o no el tiempo si no existiese el alma? Porque si no pudiese haber alguien que numere tampoco podría haber algo que fuese numerado, y en consecuencia no podría existir ningún número, pues un número es o lo numerado o lo numerable. Pero si nada que no sea el alma, o la inteligencia del alma, puede

¹²⁸ En rigor, la *cosa en sí* hace referencia a la parte metafísica o inteligible del objeto físico, mientras que los objetos metafísicos son llamados *noúmenos*. Según esto, en la *Dialéctica trascendental* el sentido negativo de la *cosa en sí* se refiere a las *cosas en sí* propiamente dichas, mientras que el sentido positivo de la *cosa en sí* o *idea* indica lo *nouménico*.

¹²⁹ *Vid. supra*, 34 nota 46.

¹³⁰ Aristóteles, *Física*. Introducción, traducción y notas de Guillermo R. de Echahndía, Gredos, Madrid, 1995, p. 271-272 (IV, 219b, 1-5).

numerar por naturaleza, resulta imposible la existencia del tiempo sin la existencia del alma, sino sólo aquello de lo que el tiempo es el atributo, como si, por ejemplo, se dijera que puede existir movimiento sin alma.¹³¹

La asociación entre el espacio y el tiempo en la física moderna llevó a pensar que ambos deberían tener una determinación ontológica común. A esto hay que sumarle que Leibniz defiende en su polémica contra Clarke que también el espacio es ideal:

Todo cuanto existe del tiempo y la duración (siendo sucesivo) parece de continuo; y ¿cómo podría existir eternamente una cosa que, hablando con rigor, no existe jamás?, pues ¿cómo puede existir una cosa, ninguna de cuyas partes existe? Del tiempo no existe nunca nada, salvo los instantes; y un instante no es siquiera una parte del tiempo. Quienquiera considere estas observaciones comprenderá fácilmente que el tiempo sólo puede ser algo ideal. Y la analogía entre el tiempo y el espacio evidenciará que éste es tan puramente ideal como aquél.¹³²

Lo peculiar de la posición de Kant viene de que, junto con admitir con Leibniz la idealidad del tiempo, y por analogía la del espacio, acaba de persuadirse (a raíz de su meditación acerca de las parejas incongruentes), de que el espacio condiciona el ser de los cuerpos, y por analogía, el tiempo el ser de los procesos. La necesidad de reunir estas dos posiciones, que en la polémica Leibniz-Clarke se presentaban como opuestas, conduce a Kant a su genial idea: transfiriendo al tiempo la tesis de la prioridad establecida para el espacio y aplicando al espacio la tesis de la idealidad, evidente en el caso del tiempo, concluye la idealidad del espacio y el tiempo. Las cosas sensibles son lo que son, así como se manifiestan, en virtud de su inserción en el proceso cognoscitivo en que llegan a manifestarse.

III.1.2 Separación y relaciones entre la sensibilidad y el entendimiento.

Cuando vimos la *Nova dilucidatio* decíamos que Crusius define la metafísica como la ciencia de las verdades necesarias. Esta definición tiene una gran influencia sobre Kant, pero mientras que Crusius no encuentra una diferenciación clara entre metafísica y matemática Kant sí lo hace. La *Dissertatio* es el texto precrítico que circunscribe el campo de aplicación de las matemáticas al mundo espacial y temporal en que vivimos; valiendo el conocimiento metafísico, en principio, para todo mundo posible. La diferenciación entre ambas fuentes de conocimiento viene desde el inicio

¹³¹ *Ibíd.*, 287 (IV, 223a, 21-29).

¹³² Cfr. Leibniz, G. W., *Die philos. Schriften von G. W. Leibniz*. Gerhardt, VII, pp. 402-403.

mismo de la filosofía occidental. No obstante, las posiciones que más afectan a Kant son las de Descartes y Leibniz.

Para Descartes la sensibilidad es una modalidad del entendimiento, y consiste en la capacidad que éste tiene, gracias a la unión del alma y el cuerpo, de percibir los estados de éste último e indirectamente las causas de estos estados. Descartes destaca el cometido de la percepción sensible en aplicaciones prácticas, pero su papel en el conocimiento objetivo ha de ser muy secundario, debiéndose utilizar sus datos con sumo cuidado; además no aclara cómo afecta el cuerpo a la mente. Leibniz y Spinoza no esperan a que se resuelva el problema de la afección, abordan el problema desde su vertiente ontológica. Para Leibniz la mente humana es un ente finito cuyo ser consiste en tener percepciones. Como ente, tiene cierta perfección (espontaneidad, acción); como finito, está sujeto a limitación (pasividad). Las percepciones claras y distintas son las representaciones intelectuales, espontáneas,¹³³ que se dan en el entendimiento; las percepciones confusas son las representaciones sensibles,¹³⁴ siendo la sensibilidad la pasividad en que se manifiesta nuestra finitud. El avance es significativo, el cuerpo ya no es una rémora que impide al sujeto alcanzar el conocimiento, sino que podemos alcanzar el conocimiento gracias a que tenemos un cuerpo que nos permite tener percepciones. Si bien todavía piensa Leibniz que las representaciones que nos proporcionan los sentidos son sumamente confusas, siendo tarea del entendimiento ir aclarándolas en un proceso infinito. Nunca tendremos un conocimiento absolutamente claro y distinto de un ente concreto, de ahí que el proceso sea infinito, y no lo tendremos porque el conocimiento plenamente intelectual de un objeto cualquiera implicaría tener un conocimiento absoluto de todas las cosas. Las representaciones sensibles de cada uno de nosotros se deben a nuestros organismos respectivos, su grado de perfección es individual y por ende finito. La perfección que nos es propia se va realizando en las acciones y pasiones cotidianas, siendo ese proceso y no otra cosa en lo que consiste el ser humano. Esto no quiere decir que estemos aislados, al contrario, existe una acción recíproca entre los seres. Mis padecimientos se deben a las acciones de otros entes finitos y viceversa. Podemos decir que las acciones de las

¹³³ Cualidades primarias, es decir, las que se dejan determinar en términos de número, figura y movimiento.

¹³⁴ Cualidades secundarias (colores, sonidos, sabores...)

sustancias finitas causan las acciones de otras sustancias finitas y así indefinidamente. Pero según Leibniz esta relación causal recíproca entre las acciones y pasiones correlativas reside en cada conciencia individual, no subsiste por sí misma. Se trata de una causalidad fenoménica no metafísica.

Pues bien, en el texto que nos ocupa Kant modifica la idea leibniziana en dos aspectos fundamentales:

1. La acción transitiva entre las sustancias finitas es real. Es decir, las modificaciones de mi receptividad suponen la presencia de un objeto que la afecta.
2. La diferencia entre lo sensible y lo inteligible no es sólo una diferencia de grado.

La segunda diferencia es clave para proceder a la separación entre la sensibilidad y el entendimiento. Si entendiéramos la sensibilidad al estilo cartesiano, es decir, como una modalidad de la inteligencia que en igual de ayudarla la limita, tendríamos que aceptar, entre otras cosas, la validez de la prueba “ontológica” de la existencia de Dios. En efecto, si la existencia es una perfección que se da independientemente de la percepción, pues ésta supone un límite para la inteligencia, todo lo perfecto existe aunque no tengamos constancia empírica de ello. Eso supone poder aplicar las categorías fuera del límite de la experiencia posible, que es justamente el error que Kant imputa a la metafísica tradicional. Sólo la sensibilidad puede aprehender lo existente. Esta afirmación sería suficiente para revisar la metafísica, pero su justificación requiere una nueva concepción del espacio y el tiempo, como acabamos de ver en el apartado anterior. Según la nueva doctrina, el espacio y el tiempo son condiciones universales del conocimiento sensible, ciñéndose a ellas los objetos propios de tal conocimiento. Esta diferenciación establece una separación entre ambos tipos de conocimiento y sus respectivos objetos novedosa hasta ese momento. Ciertamente Kant enseña que se trata en todo caso de los mismos entes, sólo que al afectarnos se nos aparecen bajo las condiciones de la sensibilidad y cuando no nos afectan son objeto de una representación intelectual pura. Ahora bien, el modo de ser del objeto cambia de una

representación a otra, ambas maneras de representarse el objeto son inconmensurables:

La *sensibilidad* es la *receptividad* de un sujeto, por la que es posible que el estado representativo del mismo sea afectado de determinada manera por la presencia de algún objeto. La *inteligencia* (racionalidad) es la facultad de un sujeto, por la cual es capaz de representarse lo que por razón de su condición no puede penetrar en sus sentidos. El objeto de la sensibilidad es lo sensible; y lo que no contiene sino lo que sólo puede ser conocido por la inteligencia, es lo inteligible. Lo primero se llamaba en las escuelas antiguas *fenómeno* (*Phaenomenon*); lo segundo *noúmeno* (*Noumenon*). El conocimiento, en cuanto sometido a las leyes de la sensibilidad, es *sensible*, en cuanto sometido a las leyes de la inteligencia, es *intelectual* o racional.¹³⁵

Como ambas formas de conocimiento se encuentran separadas, la inteligencia tiene que elaborar los datos recibidos si quiere hacer ciencia. La relación entre ellas no la expresará Kant de forma definitiva hasta 1781 con su *Crítica de la razón pura*, constituyendo esta relación la clave de toda su obra. De momento distingue dos usos de la inteligencia: el *lógico* y el *real*. En su uso real la inteligencia se da a sí misma los conceptos con que piensa las cosas y sus relaciones, no teniendo nada que ver con la sensibilidad. La metafísica será por tanto, el saber de los primeros principios del uso real del entendimiento. La inteligencia, en su uso lógico, ordena los conceptos sensibles bajo leyes fenoménicas mediante el principio de no contradicción; bastándose este uso a sí mismo para constituir una ciencia de la naturaleza. De esta manera se establece una estricta diferencia entre el uso lógico del entendimiento, que da lugar al conocimiento de lo físico y el uso real, que da lugar a al conocimiento de lo metafísico, estableciendo las bases de lo que en la *Crítica de la razón pura* se conocerá como crítica de la apariencia dialéctica:

En lo sensible y en el fenómeno, lo que antecede al uso lógico, se llama *apariencia* (*Apparientia*), y al conocimiento reflexivo que surge de la comparación intelectual de muchas apariencias se denomina *experiencia* (*Experientia*). Por tanto, solo el camino de la reflexión conduce de la apariencia a la experiencia, según el uso lógico del intelecto. Los conceptos comunes de la experiencia se llaman *empíricos*, y sus objetos *fenómenos* (*phaenomena*), y las leyes de la experiencia y en general de todo el conocimiento sensible se llaman leyes de los fenómenos. Así pues, los conceptos empíricos al reducirse a una universalidad mayor no se tornan intelectuales *en sentido real*, y no exceden el modo del conocimiento sensible, sino que por mucho que se eleven en la abstracción, se mantienen sensibles indefinidamente.¹³⁶

Para Kant, no sólo pertenecen al sujeto las cualidades secundarias, sino

¹³⁵ *Dissertatio*, 10 (Ak., II, 392).

¹³⁶ *Ibíd.*, 12 (Ak., II, 394).

también las cualidades primarias. Ahora todo pertenece al sujeto puesto que el espacio y el tiempo son los principios de la sensibilidad humana, quedando vedado al conocimiento lo que realmente sea la cosa en sí misma considerada. La diversidad aprehendida en la representación sensible revela la existencia de las cosas, pero nada dice de cómo son éstas en sí mismas. Aunque la *cosa en sí* tenga necesariamente que relacionarse, de algún modo, con la diversidad sensible, no está en relación con la representación sensible. Sin embargo, la representación intelectual, que no puede discernir si algo existe o no, puede concebir las cosas tal como son en sí mismas. Esta idea funda la distinción entre mundo sensible y mundo inteligible.

III.1.3. El espacio y el tiempo como formas del mundo sensible.

Antes de hablar de mundo sensible y mundo inteligible es menester examinar qué se entiende por mundo. En la sección primera de la *Dissertatio* Kant nos habla de la *noción de mundo en general*:

En el compuesto sustancial, así como el análisis no termina sino en la parte que no es un todo, es decir, en lo simple, así también la síntesis no termina sino en el todo que no es parte, es decir, en el mundo.¹³⁷

La *materia* del mundo, aquello de lo que se compone, son estas sustancias o entes autónomos, siendo su *forma* aquello que permite la coordinación entre ellas. Ya vimos que para Kant no hay duda de que esta acción transitiva entre las sustancias finitas es real, un mundo no puede darse sólo en el pensamiento. Un mero agregado ideal, carente por tanto de acción transitiva real, no es un mundo. La forma esencial del mundo vendrá determinada por el principio regulador de las relaciones recíprocas de los entes existentes por sí. La solución que daba Kant en la *Nova dilucidatio* y en la *Monadologia physica* al problema de la interacción de las sustancias pasaba por apelar al intelecto divino. Dios era el garante del influjo de las sustancias, siendo esta comunidad la que originaba el espacio. Pero las cosas cambiaron y desde 1768 contamos con un espacio que da lugar a las cosas y no a la inversa. Bien es cierto que ahora el espacio real ha dejado paso a un espacio ideal, pero igualmente previo a los objetos. La forma del mundo es aquello que regula la acción recíproca de los objetos reales, esto es, el espacio. Sin embargo, si nos

¹³⁷ *Ibíd.*, 4 (Ak., II, 387).

quedamos aquí caeremos en la segunda antinomia. Los objetos como sustancias se componen de elementos simples y en el espacio no hay lugar para lo simple sino como término,¹³⁸ por consiguiente se produce una contradicción. Si eliminamos lo simple para hacer del espacio la forma del mundo, despojamos a los entes finitos de su autonomía. El espacio se identificaría con Dios cayendo así en el espinocismo. La astuta solución de Kant es hacer del espacio (y del tiempo) la forma del mundo sensible. El mundo sensible es un mundo coherente con las percepciones sensibles en las cuales lo simple no se puede dar. Las cosas en sí mismas formarán parte del mundo inteligible, mas el mundo sensible depende de la sensibilidad del sujeto que lo capta. El mundo inteligible también tiene que tener una forma, pero ésta no es accesible a la sensibilidad. La forma del mundo inteligible, y por tanto la posibilidad de que lo simple pueda afectar al intelecto humano en su uso lógico dando lugar al mundo sensible, solamente puede venir de Dios. Podemos decir que respecto de la *Nova dilucidatio* Kant sustituye como forma del mundo sensible a Dios por el espacio, pero Aquél continua siendo el que posibilita ambos mundos.

Para finalizar este sucinto análisis de la *Dissertatio* debemos echar la vista atrás y recordar que un mundo es un *compositum substantiale*, es decir, se compone de partes simples e independientes. Sin embargo en las cosas espaciales no se encuentran tales objetos, los cuerpos, pues, no son sustancias ni compuestos de sustancias pero se los trata *como si* lo fueran. Según esto, el mundo sensible sólo tiene la forma pero carece de la materia propia de un mundo. En el mundo sensible la materia no es la sustancia, sino algo que hace sus veces y que se llama fenómeno (*Erscheinung*). El fenómeno se toma como sustancia sin serlo, se le sustancializa, por eso Kant llama a los cuerpos *phaenomena substantiata*. Según esto el mundo sensible no es un mundo propiamente dicho.

Si el análisis del mundo sensible no se termina en lo simple, es decir, en la parte que no es un todo, difícilmente podrá su síntesis acabar en un todo que no sea parte. En efecto, el mundo sensible carece de *universitas* pues su infinitud potencial se lo impide. Este problema se presenta siempre que queremos pensar en términos fenoménicos el infinito simultáneo. Un infinito simultáneo solamente puede ser

¹³⁸ Cfr. *Dissertatio*, 22 (Ak., II, 403 n).

actual *sub specie æternitatis*, es decir, fuera del tiempo.

El mundo sensible solamente tiene, pues, la forma de un mundo mas no la materia, por tanto sólo es lícito llamarlo mundo porque no pertenece a un todo mayor, es decir, no es parte. El mundo propiamente dicho es el mundo inteligible.

III.2. Comparaciones entre la *Dissertatio* y la *Crítica*.

La exposición trascendental de la segunda edición de *Crítica* (1787) es un análisis de los caracteres de nuestra representación del espacio y el tiempo. Siguiendo el método de 1764 encontramos que no se trata de una definición sino de una exposición, pues se trata de encontrar en una conciencia inmediata y evidente los caracteres que con certeza pertenecen a la noción investigada, no necesitamos un análisis completo. Para que se den estos requerimientos, las representaciones que tratemos han de ser *a priori*. La aprioridad de las representaciones expuestas debe acreditarse en la misma exposición, en cuyo caso la exposición será metafísica.¹³⁹

La exposición trascendental la encontramos ya en la *Dissertatio*, aunque no figure como tal. Ésta justifica la validez objetiva de las representaciones *a priori* expuestas en la exposición metafísica. Las representaciones *a priori* del espacio y del tiempo son objetivas por ser la condición de posibilidad de otros conocimientos cuya objetividad está asegurada.¹⁴⁰ Dicho de otro modo, el conocimiento matemático es objetivo y se basa en las representaciones *a priori* del espacio y el tiempo, por tanto queda garantizada su objetividad.¹⁴¹

Las representaciones del espacio y el tiempo capacitan al sujeto para ser afectado por los objetos. Ahora bien, ¿es el alma entendida como sustancia? En la *Dissertatio* no queda muy claro, pero en la *Crítica* es evidente que no. La posibilidad de percibir es la misma para todos. Un yo sustancial generaría tantos

¹³⁹ *KrV.*, B 38. Cit. inf., 237 nota 21.

¹⁴⁰ *Ibíd.*, B 40. Cit. inf., 242 nota 42.

¹⁴¹ Es curioso cómo el orden en el que trata el tema del espacio y del tiempo se invierte respecto de la *Crítica*. Tal cosa puede ser indicio de la importancia que tuvo el *tiempo* en la gestación de la *Dissertatio*.

espacios como personas. Compartimos la posibilidad de percibir (somos iguales), aunque la percepción actual pueda diferir (somos diferentes).

Otro punto importante de discrepancia entre ambas obras consiste en que la *Dissertatio* admite que podamos conocer las *cosas en sí* mediante el uso real de la inteligencia. Como es bien sabido, la *Crítica* no permite conocimiento alguno de la *cosa en sí*.¹⁴²

En lo que la *Crítica* y la *Dissertatio* concuerdan plenamente es en que el espacio y el tiempo son ideales, principios subjetivos de la sensibilidad humana. Por consiguiente, el espacio y el tiempo no son *cosas en sí* que se den independientemente de las condiciones subjetivas de la intuición. La *Crítica* dirá además que son formas de la apariencia. La *Dissertatio* dice que el espacio y el tiempo son los principios formales del mundo sensible; son leyes o patrones de la actividad coordinadora de la subjetividad. En la *Crítica* son las categorías las que dan la ley de coordinación de lo múltiple. No es lo mismo, pues, “forma del mundo sensible” que “forma de la experiencia”, por consiguiente tampoco son lo mismo “mundo sensible” que “experiencia posible”. Ya no se sustituye a Dios por el espacio y el tiempo, sino por toda una arquitectónica.

Veamos más despacio este complejo proceso. Lo realmente innovador en Kant no fue decir que el espacio y el tiempo son representaciones *a priori*, lo fundamental fue entender que espacio y tiempo no son representaciones intelectuales, sino que pertenecen a la sensibilidad, es decir, que son intuiciones y no conceptos. Para Kant, contra Hume, Locke y Leibniz, una representación sensible que no dependa de la afección no puede ser otra cosa que una representación de la sensibilidad misma, de las condiciones conforme a las cuales puede ser afectada. Los sentidos tienen que presuponer lo sucesivo y lo externo para poder percibir. Esto es así porque la relación entre el espacio universal y los espacios particulares no tiene nada que ver con la relación entre un concepto y sus casos, entre una clase y sus miembros, entre una especie y sus ejemplares (lo mismo para el tiempo).

¹⁴² Cabe preguntarse ¿cómo sabe Kant algo de la *cosa en sí*, por ejemplo que no pueda albergar contradicciones en su seno? La respuesta es que Kant no habla de la *cosa en sí* misma, sino de la razón misma, es decir, de las condiciones de pensabilidad de la cosa. La antinomia de la razón es un conflicto de la razón consigo misma.

La relación entre un concepto y sus casos es heterogénea, mientras que la relación entre el espacio y el tiempo y sus “partes” es homogénea; espacio y tiempo son únicos.¹⁴³ Por otro lado, sabemos que el argumento de las parejas incongruentes no sirve para el espacio, dado que la matemática puede pensarlo de manera analítica, puesto que se trata de una relación simétrica, reversible; pero sirve para el tiempo. En efecto, la relación temporal es asimétrica e irreversible, no puede ser pensada analíticamente.

El término “intuición” se ve así ampliado, ya no es puramente pasivo. Ciertamente la intuición empírica implica pasividad, el conocimiento ectípico, empíricamente intuitivo, no crea sus objetos, siendo la intuición pura, la condición de posibilidad de la pasividad. La intuición empírica requiere de la intuición pura pues es una especificación suya, y aquella actualiza a ésta. Toda intuición sensible envuelve una intuición pura. Esto crea un problema: ¿Es pasiva o activa la intuición pura? ¿Pertenece a la sensibilidad o al entendimiento? La solución vendrá de la mano de una facultad que participe de la pasividad de los sentidos y de la actividad del entendimiento, es decir, de la imaginación. La imaginación es activa porque genera imágenes, pero es pasiva porque toma sus materiales de la percepción pasiva. Pero una imaginación tal sigue sin servir a Kant ya que es empírica o reproductiva. La imaginación que nos proporciona las representaciones del espacio y el tiempo es la imaginación pura o productiva. La imaginación empírica no puede producir las representaciones *a priori* del espacio y del tiempo porque éstos no pueden intuirse por medio de los sentidos. La imaginación empírica hace que reproduzcamos lo que falta en la percepción (el escorzo). Hace que intuyamos, por ejemplo, la parte trasera de la estatua que contemplamos; en el caso del tiempo nos da casi todo, ya que el tiempo puramente actual es el instante fugaz, ese momento casi imperceptible que inmediatamente después de producirse ya no es percibido. El espacio y el tiempo son intuitivos e ideales, lo que los convierte en imaginarios. La idealidad trascendental conlleva la realidad empírica, consiguiendo así dotar de apodicticidad a la geometría (frente a Leibniz), y explicar la aplicación de la matemática a la ciencia natural sin tener que recurrir a Dios como garante (frente a Descartes).

¹⁴³ Ocurre lo mismo con la idea ontológica de Dios (*Ens Realissimum*) y la idea del mundo como totalidad.

Pero ¿en qué consiste la *pasividad del espacio y el tiempo*? En la exposición metafísica Kant habló del espacio y el tiempo como intuiciones puras, esto no nos sirve para responder. La respuesta la da Kant en 1787, en la *Analítica trascendental* §26 que trata de la *Deducción trascendental del uso empírico universalmente posible de los conceptos puros del entendimiento*. Encontramos allí que el espacio y el tiempo son *formas puras de la intuición e intuiciones puras o formales*.¹⁴⁴ En resumen, la idea de Kant consiste en que el ser racional tiene las condiciones del enlace de las multiplicidades empíricas en una representación sensible. Son las formas puras de la sensibilidad. Estas condiciones vienen dadas por dos multiplicidades infinitas y continuas. Al ejercerse el enlace o síntesis de lo múltiple sensible en virtud de estas formas puras de la sensibilidad, se activa en la imaginación productiva una ley que ya tenía, porque estaba implícita en dichas formas puras de la sensibilidad (que son enteramente *a priori*), y entonces enlaza las multiplicidades infinitas y continuas que marcaban el enlace de la multiplicidad sensible en una representación pura. Esta representación o intuición pura es, pues, pasiva, dado que no ha podido tenerse hasta que la síntesis de la multiplicidad empírica ha activado la espontaneidad (o ley que residía “dormida” en la imaginación productiva) imaginativa capaz de sintetizarlas en una representación formal o intuición pura. La intuición pura es la representación singular de la pauta a que debe conformarse la estructura de toda intuición, es una intuición que la afección sensible provoca pero no produce (la comienza pero no la origina) de la posibilidad que se hace efectiva en la percepción. La intuición pura es, en definitiva, la conciencia de la propia posibilidad de percibir; aquello que nos permite prever la estructura de los objetos y de los procesos sensibles sin tengan que estar siéndonos dados en la afección.¹⁴⁵

Como ya dijimos, las formas puras de la intuición no son concepto (aunque se enlacen con el entendimiento a través de la imaginación productiva) porque son

¹⁴⁴ *KrV.*, B 160. Acerca de esta distinción ver: Paton, H. J., *Kant's Metaphysic of Experience*. G. Allen and Unwin LTD, London 1965, vol. 1, pp. 105-106. Torretti, R., *Op. cit.*, 177-179. Rábade Romeo, S.; López Molina, A. M.; Pesquero, E., *Kant, conocimiento y racionalidad*, Cincel, Madrid, 1987, vol. 1, p.131.

¹⁴⁵ Es curioso que Kant no haga referencia alguna en la *Estética trascendental* a la diferenciación entre formas puras de la intuición e intuiciones puras, tal salvedad hubiera contribuido a esclarecer esta parte de la obra. Aunque, como dice H. J. Paton, no se puede explicar todo a la vez.

homogéneas con sus representaciones, es decir, no se relacionan al modo como se relaciona el concepto con sus cosas (heterogéneamente), su universalidad es diferente a la del concepto. Además, espacio y tiempo son representaciones infinitas en el sentido de ser indefinidas en su progreso, por eso pueden ser intuiciones (del infinito no hay intuición); no son un infinito dado o actual, sino un progreso indefinido (*progressus in infinitum o indefinitum*). El espacio y el tiempo son formas incrementables (*progressus*) o disminuibles (*regressus*) hasta el infinito, no son algo dado en sí. Según esto el espacio vacío no podemos representárnoslo. La intuición pura tiene que ir unida a la imaginación o a la intuición empírica. La idea de una intuición pura separada resulta absurda. Por eso, cuando Kant dice que podemos pensar el espacio sin objetos, pero no los objetos sin espacio,¹⁴⁶ como argumento a favor de la *aprioridad* del espacio, no debemos entender el argumento en sentido psicológico sino en sentido ontológico. En efecto, el espacio sin cuerpos es pensable no como un inmenso receptáculo vacío, sino como la mera posibilidad de que los cuerpos existan y coexistan. El espacio puro no es un existente actual.

Volvamos, para acabar esta comparación entre la *Dissertatio* y la *Crítica*, al tema del *tiempo*. Este importante tema había sido insinuado en sus justos términos en la *Dissertatio*, pero fue modificado la *Crítica*. En la *Dissertatio* Kant está a punto de concebir el espacio como una modalidad del tiempo, entendiendo así el tiempo como la forma del mundo sensible. El tiempo es el principio que posibilita las relaciones de sucesión y de simultaneidad.¹⁴⁷ Estas últimas sólo son representables como relaciones espaciales, luego el espacio es la representación de la simultaneidad.¹⁴⁸ En la *Crítica*, lejos de clarificar esta idea concibe el espacio como forma del sentido externo (cosa que ya se decía en la *Dissertatio*) y el tiempo como forma del sentido interno.¹⁴⁹ Como todo lo sensible requiere que se dé en el tiempo para poder ser percibido, a Kant no le queda más remedio que admitir la

¹⁴⁶ *KrV.*, A 24/B 38-39.

¹⁴⁷ Kant critica en la *Dissertatio* la definición leibniziana del tiempo como el orden de los existentes sucesivos ya que cae en un “círculo vicioso” además de desatender a la simultaneidad, máximo acompañante del tiempo. Cfr. *Dissertatio*, 19-20. (Ak., II, 400-401).

¹⁴⁸ *Ibíd.*, 20 (Ak., II, 401 n).

¹⁴⁹ *Vid. inf.*, pte. III.3.2.

superioridad del tiempo. Al hacer abstracción del tiempo en las relaciones de simultaneidad cae en el error que reprochaba a Leibniz, pues la simultaneidad es una relación temporal.¹⁵⁰ Kant no entendió esta idea en sentido subjetivista, es decir, que los estados internos propios puedan dar lugar por sí mismos a todo lo demás, además, para evitar malos entendidos, en la segunda edición de la *Crítica* incluyó una Refutación del idealismo.¹⁵¹ En efecto, la parte no puede contener el todo. El sentido interno hace referencia a que el tiempo (forma universal de la sensibilidad) es la forma de la conciencia sensitiva de todos mis estados. Vemos, pues, que tal modificación no era necesaria, elimina la posibilidad de concebir el espacio como una modalidad del tiempo, e induce a interpretar el sistema kantiano como un idealismo empírico, material o psicológico.

III.3. Transición de la *Dissertatio* a la Estética trascendental.

En la *Dissertatio* se planteó el problema que acarrea la mezcla del conocimiento sensible con el intelectual.¹⁵² Este problema recibe el nombre de *vicio metafísico de subrepción* y los axiomas que produce se conocen como *axiomas subrepticios*. Sin embargo, en virtud del uso real del intelecto, Kant permite el conocimiento científico de lo suprasensible. En *Sueños de un visionario* Kant había prohibido un conocimiento así. Habrá que esperar hasta la *Crítica* para encontrar la teoría que lleve hasta sus últimas consecuencias la limitación del conocimiento propuesta en 1766. En la *Crítica* encontramos este problema en el apéndice que trata sobre la *Anfibología de los conceptos de reflexión*.¹⁵³

El objetivo de este apartado es entrever cual fue la evolución del pensamiento de Kant entre 1770 y 1781. Los once años que transcurren entre la *Dissertatio* y la *Crítica* son conocidos como “la década silenciosa”, sin embargo, encontramos varios

¹⁵⁰ *Vid.*, *KrV.*, § 6b, A 33/B 50.

¹⁵¹ *Ibíd.*, B 274-294. También dio lugar al Apéndice de los *Proleg.* en el que da contestación a la reseña de Christian Garve, retocada por Johann Georg Feder, director de la revista *Göttingischen gelehrten Anzeigen* en la que fue publicada el 19 de enero de 1782, titulado *Ejemplo de un juicio acerca de la Crítica, que precede al examen*, en *Proleg.*, 303-317 (Ak. IV, 372-380). La reseña de Garve y Feder se incluye en las pp. 316-325 de la citada edición.

¹⁵² *Dissertatio*, 31-40 (Ak., II, 410-419.).

¹⁵³ *KrV.*, A 270/B 362.

textos en los que podemos analizar los problemas que ocuparon a Kant durante este periodo.

III.3.1. 1772: Carta a Marcus Herz (21-2-1772) (Ak., X, 129-135).

Varias son las cartas que escribe Kant a Marcus Herz,¹⁵⁴ pero el interés por escribir una obra en la que exponer la nueva metafísica aparece sólo en dos: la del 7 de junio de 1771 (Ak., X, 123) y la del 21 de febrero de 1772 (Ak., X, 129). En la carta del 21 de febrero de 1772, además del anuncio, se plantea dar solución a los importantes cabos sueltos que dejaba la *Dissertatio*. De estas precisiones que conllevan un decisivo cambio de sentido nacería, según anunciaba Kant, en tres meses, una “crítica de la razón pura”. Dicha obra se llamaría *Los límites de la sensibilidad y la razón*:

Proyectaba en ella dos partes, una teórica y otra práctica. La primera abarcaría dos secciones: 1, la *fenomenología* (*phaenomologie*) en general; 2, la metafísica, aunque sólo según su naturaleza y método. La segunda parte comprendería a su vez dos secciones: 1, los principios generales del sentimiento del gusto y de los deseos sensibles; 2, los fundamentos primeros de la moralidad. Meditando en la parte teórica tomada en toda su extensión y con las relaciones recíprocas de sus partes, fui notando que me faltaba aún algo esencial, que, al igual que otros, había descuidado en mis largas investigaciones metafísicas, y que de hecho contiene la clave del enigma de la metafísica, hasta ahora indescifrado incluso para ella misma.¹⁵⁵

Las largas investigaciones metafísicas de Kant, junto con su descuido, aparecían reflejadas en la *Dissertatio*. Recordemos que en *Sueños de un visionario* pensó que no era posible una ciencia de lo suprasensible. En la *Dissertatio* recupera tal posibilidad en virtud del uso real del entendimiento. Las representaciones intelectuales cumplían en esta obra un doble fin:

1. *Eléctico o negativo*: Sirve para separar las *cosas en sí* de los fenómenos, no amplía el conocimiento científico pero lo preserva de errores.
2. *Dogmático o arquetípico*: Hace referencia a la idea de arquetipo, perfección inteligible (*perfectio noumenon*). A su vez, este fin tiene dos sentidos:

¹⁵⁴ Sirvan de ejemplo las cartas a Marcus Herz de: 7 de junio de 1771 (Ak., X, 123) en *Correspondencia* 103-105; 21 de febrero de 1772 (Ak., X, 129) en *Dissertatio* 47-52; finales de 1773 (Ak., X, 145) en *Correspondencia* 112-115; 24 de noviembre de 1776 (Ak., X, 199) ibíd. 124-126; 20 de agosto de 1777 (Ak., X, 213); después del 11 de mayo de 1781 (Ak., X, 123) ibíd. 138-140.

¹⁵⁵ *Carta a Herz*, 47-48 (Ak., X, 129-130).

- *Sentido teórico*: Dios.
- *Sentido práctico*: Perfección moral (*perfectio moralis*).¹⁵⁶

La *Crítica* difiere de este planteamiento pues aun reconociendo la necesidad de pensar las representaciones intelectuales puras (en su fin dogmático), niega que podamos conocer si existe un objeto que les corresponda. Tenemos ideas de la razón, ciertamente, pero no podemos conocer la existencia de su objeto. Sin embargo, la *Crítica* defiende el uso dogmático-práctico de la razón pura; en virtud de él es posible una determinación positiva de lo suprasensible, pero únicamente con vistas a un interés moral.

En *La único argumento posible para demostrar la existencia de Dios* (1763) Kant criticó todas las pruebas de la existencia de Dios, proponiendo como única base para demostrarla la variedad de opciones (posibilidad) que abre el *factum* de la existencia. En 1770, aun cuando sigue con esta idea, tal posibilidad no es ya viable debido a su tajante separación entre sensibilidad y entendimiento. Según la *Dissertatio* las representaciones intelectuales se originan en el entendimiento, pero tales conceptos no son innatos, sino adquiridos, ya que se abstraen de las leyes de la mente atendiendo a sus operaciones con ocasión de la experiencia. En efecto, como dijo Locke en su *Ensayo sobre el entendimiento humano*, de los datos de los sentidos no puede deducirse el concepto de sustancia. Tampoco pueden deducirse los conceptos de existencia y causalidad, como ya vio Hume en su *Tratado sobre la naturaleza humana*. Kant se dio cuenta de que aún había más, además de sus opuestos.

En la Carta a Marcus Herz de 21 febrero de 1772 Kant se hace por fin la pregunta que le faltó hacerse en la *Dissertatio*:

Me preguntaba, en efecto: ¿cuál es el fundamento sobre el que reposa la relación con el objeto de lo que en nosotros llamamos representación? [...] En la *Dissertatio* me había contentado con expresar de modo puramente negativo la naturaleza de las representaciones *intelectuales*, a saber, que no eran modificaciones del alma por el objeto. Pero pasé por alto averiguar cómo es posible una representación que se refiere a un objeto sin ser de alguna manera *afectada* por él.¹⁵⁷

¹⁵⁶ *Dissertatio*, 13 (Ak., II, 395-396).

¹⁵⁷ *Carta a Herz.*, 48 (Ak., X, 130).

La radical separación entre la sensibilidad y el entendimiento abierta en la *Dissertatio* deja inexplicado cómo se refieren los conceptos a los objetos. Sin embargo, la misma doctrina que le llevó a plantear esta cesura le hará salir de ella. En efecto, pues la respuesta a la pregunta planteada pasará por establecer el tránsito de una a otra facultad. En esta fecha ya tiene Kant en mente establecer una tabla de categorías que, de alguna manera, unifique y estructure el mundo sensible sin tener que renunciar a las intuiciones puras del espacio y el tiempo:

Busqué reconducir la *filosofía trascendental*, quiero decir, todos los conceptos puros de la razón totalmente pura a un cierto número de categorías –pero no como lo hizo Aristóteles, que los yuxtapuso al azar, tal como los iba encontrando, en sus diez *predicamentos*–; sino tal como ellos por sí mismos se distribuyen en *clases* según unos pocos principios del entendimiento.¹⁵⁸

Las categorías reconocerán como fenómenos a los “objetos” captados por los sentidos. De esta manera la sensibilidad y el entendimiento se reconciliarán dando lugar a una “experiencia posible” posibilitada, no sólo por una parte de la razón humana, sino por todo el sistema de la razón pura teórica.

La carta también comenta la objeción a la idealidad del tiempo que le habían realizado Mendelssohn, Lambert y Schultz.¹⁵⁹ Parece ser que Kant quiso ofrecer una solución que satisficiera a sus críticos, planteando así la aparente simetría entre el espacio como forma del sentido externo y el tiempo como forma del sentido interno.¹⁶⁰

III.3.2. Del 75 al 80.

Una vez establecido que el mundo inteligible no se refiere a la *cosa en sí*, el problema se centra en establecer el nexo entre el mundo sensible y el mundo inteligible. El objetivo es subsumir a los fenómenos bajo las estructuras *a priori* del entendimiento. Tiene que haber algo que justifique que un concepto pueda estructurar la materia sensible fenoménica. La clave de la objetividad vendrá dada por la *unidad de la apercepción*. El tiempo es lo que nos da la clave, ya que como forma *a priori* de la sensibilidad, dota a los fenómenos de la organización requerida.

¹⁵⁸ *Ibíd.*, 49 (Ak., X, 132).

¹⁵⁹ *Vid.*, *Ibíd.*, 50-52 (Ak., X, 133-135).

¹⁶⁰ En el siguiente apartado continuaremos hablando de esta posibilidad.

En las reflexiones [4674-4682] (Ak., XVII, 643-669)¹⁶¹ Kant confunde la objetividad del entendimiento con la autoconciencia. En 1770 se establecieron las condiciones del enlace de la sensibilidad, en 1775 se establecen las condiciones del enlace del entendimiento. Pero estas leyes son puestas en la apercepción subjetiva, no fundamentan la objetividad de la unidad trascendental de la apercepción. Para ello tendrá que teorizar lo que se ha llamado el *sujeto trascendental* mediante la reflexión acerca de lo conocido objetivamente.¹⁶²

En los *Cursos de metafísica (Vorlesungen der Metaphisik)*¹⁶³ se observan las divisiones que aparecen en la crítica. La objetividad sólo cabe esperarla para los objetos de la experiencia. Las condiciones subjetivas del conocimiento del objeto son las condiciones que proporcionan la objetividad al objeto.¹⁶⁴ La doctrina que hace posible este paso es la de la sensibilidad y el entendimiento, la cual en esta época se encuentra totalmente elaborada, aunque desordenada. El problema expuesto en la *Carta a Marcus Herz de 21 febrero de 1772* encuentra su solución en que lo subjetivo es el fundamento de la objetividad, ya que el objeto coincide con la unidad necesaria de los fenómenos. Sin embargo, el objeto de la afección planteaba numerosas dificultades epistemológicas. Para procurar resolver estos problemas Kant modifica su anterior concepción de la *Dissertatio* y entiende el tiempo como la forma de la experiencia interna que incluye la intuición externa consciente.

Roberto Torretti y Herman-J. de Vleeschauwer sugieren que esta modificación fue causada, en parte, por la objeción de J. H. Lambert, M. Mendelssohn y el pastor J. Schultz acerca de la idealidad del tiempo.¹⁶⁵ Éstos aceptaban la idealidad del espacio, pero no así la del tiempo pues creían que

¹⁶¹ En *Disertación sobre la forma y los principios del mundo sensible y el inteligible*. CSIC, Colección clásicos del pensamiento, Madrid, 1996, pp. 53-78. V. a. la investigación que de este periodo incluye José Gómez Caffarena en su *Estudio preliminar* a la mencionada edición, *Ibíd.*, pp. XXX-XXXVII.

¹⁶² El término “sujeto trascendental” aparece en la *Crítica* en contadas ocasiones. (*Crítica de la razón pura* A 446/B 404; A 350; A 355; B 427; A 478n/B 506n; A 492/B 520). Para Kant designa el “objeto” trascendental sustrato de los fenómenos mentales (sustancia sujeto). Mientras que los neokantianos entienden que designa la expresión de las posibilidades que la vida de los sujetos empíricos actualiza. Sea como fuere, en ningún caso designa a un Sujeto impersonal y único en contraposición a los sujetos empíricos personales y múltiples.

¹⁶³ Cfr., Villacañas Berlanga, J. L., *La formación de la crítica de la razón pura*. Universidad de Valencia, 1980, pp. 278-315.

¹⁶⁴ Cfr., Vleeschauwer, H.-J. de, *Op. cit.*, 70.

¹⁶⁵ Cfr. Torretti, R., *Op. cit.*, 207-209. Cfr. Vleeschauwer, H.-J de, *Op. cit.*, 62-63 y 76.

implicaba la irrealidad del cambio.¹⁶⁶ Resulta claro que tal objeción revela una importante incomprensión de la propuesta de Kant. Para Kant, tanto los objetos como el cambio son efectivamente existentes, hasta tal punto es así que de lo contrario no podría representarme a mí mismo como objeto.¹⁶⁷

En 1775 Kant nota un paralelismo entre algunas categorías y algunos juicios, en concreto con las categorías y los juicios de relación. Este paralelismo le llevará a establecer el *hilo conductor* (*Leitfaden*) para el descubrimiento de las categorías, tal como reza el epígrafe del primer capítulo de la *Analítica trascendental*. Por eso, “si hacemos completa abstracción del contenido de un juicio y atendemos tan sólo a su simple forma intelectual”¹⁶⁸ descubriremos la *identidad funcional entre la lógica y la ciencia*. De esta manera, la lógica de las cosas será la lógica trascendental.¹⁶⁹

A partir de 1776 elaboró Kant su crítica a los paralogismos, según su proyecto de 1766. Debió contribuir a ver claro lo que tenía que hacer la lectura del empirista J. N. Tetens *Ensayos sobre la naturaleza humana y su desarrollo* (1777). El planteamiento de este autor era psicológico, mientras que el planteamiento de Kant era gnoseológico, pero la correspondencia entre ambos es clara según Vleeschauwer.¹⁷⁰ La lectura de Tetens parece ser que impresionó notablemente a Kant ya que la *doctrina de la triple síntesis*, concebida entre 1778 y 1780, se fundamenta en su psicología. Kant se percata de que nuestro conocimiento tiene que estar regido por conceptos puros del entendimiento, puesto que de lo contrario la síntesis realizada en la imaginación productiva de lo percibido empíricamente no

¹⁶⁶ Cfr. *Carta a Herz*, 50-52 (Ak., X, 133-135).

¹⁶⁷ Cfr. Torretti, R., *Op. cit.*, ídem; v. t. la *Carta de Lambert a Kant, del 13 de octubre de 1770* (Ak., X, 107) en *Correspondencia* 84-93. La objeción de Lambert encontrará respuesta, según relató Kant a J. Bernouilli el 16 de noviembre de 1781 (Ak., X, 227), en la *KrV.*, A 36-41/B 53-58. Por último, ver la *Carta de Mendelssohn a Kant del 25 de diciembre de 1770* (Ak., X, 115) en *Correspondencia*, 95-99.

¹⁶⁸ *KrV.*, A 70/B 95.

¹⁶⁹ Cfr. Vleeschauwer, H.-J de, *Op. cit.*, 82.

¹⁷⁰ Cfr. *ibíd.*, 86-92.

caería bajo la unidad de la apercepción. La imaginación salva, como ya vimos, la distancia que la *Dissertatio* abría entre los dos mundos.

Segunda parte

La Crítica de la razón pura como fundamentación ontológica de la ciencia newtoniana.

Pues bien, yo sostengo que en toda teoría particular de la naturaleza sólo hay ciencia *propriadamente dicha* en tanto que se encuentren en ella *matemáticas*; por tanto, según lo que precede, una ciencia propiadamente dicha de la naturaleza en concreto, exige una parte pura sobre la que se funda la parte empírica y que descansa sobre el conocimiento *a priori* de las cosas de la naturaleza. [...]. En consecuencia, una pura filosofía de la naturaleza en general, es decir, aquella que sólo considera lo que constituye el concepto de una naturaleza de una manera general, es posible, en rigor, sin la matemática; pero una pura teoría de la naturaleza acerca de las cosas determinadas de la naturaleza (teoría de los cuerpos y teoría del alma) únicamente es posible por medio de la matemática.

I. Kant, *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*. Prefacio.

IV. Elementos fundamentales de la Mecánica de Newton.

IV.1. Realismo espacial y temporal. IV.2. Los atributos del espacio en la Física newtoniana. IV.3. Características del espacio absoluto de Newton. IV.4. Tipos de movimiento. IV.4.1. Movimiento rectilíneo. IV.4.2. Movimiento acelerado. IV.5. La noción de fuerza. IV.6. Las leyes fundamentales del movimiento. IV.7. El cálculo diferencial. IV.8. Creencias físico-religiosas. IV.8.1. Teología. IV.8.2. Dios y el espacio. IV.8.3. Alquimia. IV.9. Crítica de Mach al espacio absoluto de Newton.

IV.1. Realismo espacial y temporal.

El idealismo espacial y temporal de Kant surgió frente al realismo espacial y temporal de Newton. La radical separación realizada por Descartes entre materia y pensamiento permitió explicar el mundo en términos estrictamente mecanicistas, pero también abrió una brecha entre ambas realidades, sólo explicable por la bondad divina.

Newton fue fuertemente influido por las ideas de Henry More (1614-1687). Éste quiso disolver la cesura establecida entre pensamiento y extensión entendiendo que Dios es extenso.¹ Nada que no sea extenso puede existir, lo que diferencia a los seres espirituales de los corpóreos no es la extensión, sino la impenetrabilidad. El espíritu es aquella sustancia penetrable, capaz de automovimiento, invisible, susceptible de contraerse y dilatarse en el espacio y capaz de penetrar y/o mover la materia.² Es decir, el espíritu es lo contrario a la materia, pero no por ello deja de ser espacial. More entiende que la extensión es soportada por un sujeto real.³ Esta sustancia que soporta la extensión no puede ser otra sino Dios. De esta manera el espacio se convierte en una sustancia real y divina. More entiende que el movimiento absoluto es un hecho, por consiguiente tiene que haber un espacio absoluto.⁴

Newton adoptó gran parte de las consideraciones anteriores, haciendo del espacio absoluto un requisito imprescindible de su física. El concepto de *lugar* es sustituido por el de *espacio*:

Lugar es la parte del espacio que un cuerpo ocupa y es, en tanto que espacio, relativo o absoluto. Digo parte del espacio, no situación del cuerpo ni superficie externa.⁵

¹ Cfr. *Lettre de More à Descartes*, 2 Décembre 1648; en *Oeuvres de Descartes*, publiées par Ch. Adam et P. Tannery, J. Vrin, Paris 1965-74, pp. 238 ss.

² Cfr. More, H., *An antidote against atheism*. En Mackinnon, F. J., *Philosophical writings of Henry More*, New York, 1925, p. 15.

³ Cfr. More, H., *Enchiridium metaphysicum*. En Mackinnon, F. J., *Op. cit.*, 68.

⁴ Cfr. Koyré, A., *Del mundo cerrado al universo infinito*. Traducción de Carlos Solís Santos, Siglo XXI, Mexico, 1979. En especial los capítulos V y VI, pp. 107-146.

⁵ Newton, I., *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Introducción, traducción y notas de Eloy Rada, Alianza. Ensayo, Madrid, 1998, vol. 1, (en 058) p.128. (En adelante citaremos esta obra como *Principia*).

Con ello Newton quiere establecer la noción de movimiento absoluto frente al movimiento relativo de la concepción cartesiana. Para Descartes se daban dos tipos de movimiento:

- Movimiento vulgar: Transporte de un cuerpo en relación a otros cuerpos tomados como inmóviles.
- Movimiento filosófico: Transporte de un cuerpo en relación a los cuerpos vecinos.

Según el movimiento filosófico el sistema planetario se mantendría en reposo, quedando así salvaguardado el reposo de la Tierra tal como prevé la Biblia. Newton no comparte esta idea, para él la presencia de fuerzas en el sistema planetario es síntoma de que existe un espacio absoluto y un movimiento absoluto en su seno. Según Newton, Descartes confunde el movimiento absoluto con el relativo. Mientras que para Descartes todo movimiento es relativo, para Newton el movimiento real de los cuerpos es único y viene definido en relación al espacio absoluto. Sólo se da un movimiento físico en cada cuerpo, el resto de los cambios de posición en relación a los demás cuerpos son meras relaciones externas:

Es propiedad del movimiento que las partes que conservan su posición dada respecto al todo participan de los movimientos de los mismos todos. Pues todas las partes de los cuerpos que giran tienden a separarse del eje del movimiento y la fuerza de los móviles que se desplazan surge de la fuerza conjunta de las partes singulares. Así que al mover los recipientes de los cuerpos, se mueven también las cosas que reposan relativamente dentro de esos recipientes. Y por tanto, el movimiento verdadero y absoluto no puede definirse por la traslación respecto a las cercanías del cuerpo que son consideradas como en reposo. Porque los cuerpos exteriores deben, no sólo ser considerados en reposo, sino también reposar verdaderamente.⁶

Según la concepción de Descartes podría suceder que se diera movimiento filosófico o verdadero sin fuerza que lo produjera, pues sólo se fija en la relación del objeto con los objetos contiguos, es decir, en la relación de traslación respecto de su vórtice.

Newton no perderá de vista la dinámica, cosa que Descartes desatendió totalmente. La concepción cartesiana, empeñada en preservar el reposo de la Tierra, cae presa de la siguiente paradoja: hay cuerpos que modifican sus distancias y

⁶ *Ibíd.*, p.130.

posiciones relativas sin moverse. O expresado de otra manera: entre un grupo de cuerpos que mantienen las mismas posiciones relativas, unos se mueven y otros no.

Desde la perspectiva cinemática de Descartes no se necesita el espacio absoluto para definir el movimiento. La perspectiva dinámica adoptada por Newton sí lo requiere, puesto que si no hay un sistema absoluto al cual referirse no se puede determinar ni la velocidad ni la dirección de los movimientos.⁷ Todo estaría en un baile perpetuo en el que los cálculos realizados quedarían obsoletos a cada instante.

IV.2. Los atributos del espacio en la Física newtoniana.

Tanto las posiciones newtonianas y leibnizianas como la del propio Kant comparten una misma representación del espacio y de sus propiedades. Su desacuerdo viene de cómo entienden el modo de ser del ente del cual se predicen dichas propiedades. El espacio se diferencia de los cuerpos ya sea real o idealmente. Este espacio consta de los atributos necesarios para ser un “modelo” del espacio euclidiano. Se representa, pues, el espacio, como una multiplicidad homogénea, infinita, continua, tridimensional y “plana”. Este espacio no tenía bien definidas sus propiedades, no obstante Kant y sus contemporáneos lo manejaban con soltura. Que el espacio sea plano, por ejemplo, no pudo distinguirse hasta después del descubrimiento de las geometrías no euclidianas. El resto de los atributos, aunque eran enumerados, no fueron definidos con exactitud en ese momento. Sin embargo, parece que eso no supuso un problema insoluble para estos pensadores.

— *Homogeneidad*: Hoy en día los espacios abstractos suelen describirse como conjuntos de elementos llamados “puntos”. Esta manera de tratar el espacio se generalizó con la teoría de conjuntos de Georg Cantor (1845-1918), la cual permite manejar conjuntos integrados por infinitos elementos. Kant hubiera sido contrario a esta forma de plantear la cuestión, ya que para él, el espacio era una multitud de espacios (volúmenes), siendo el punto un límite, no una parte. Ahora bien, la descripción del espacio como conjunto de puntos, permite definir con

⁷ En rigor, lo que se necesita es un cuerpo absolutamente inmóvil, pero ante la imposibilidad de encontrarlo se postula el espacio absoluto.

mayor claridad en qué consiste la homogeneidad del espacio. Basta postular la equivalencia de sus elementos entre sí, considerados tanto individualmente como en sus relaciones con los demás. La isotropía o uniformidad del espacio sería consecuencia de ello. Tal cosa no sucedía en el Universo aristotélico donde los graves tendían naturalmente hacia la tierra, que ocupaba el centro del cosmos.

- *Infinitud*: Otra consecuencia de la homogeneidad del espacio es la ausencia de límites. En este momento, debido a que no se conocían las geometrías no euclidianas, todo espacio ilimitado era necesariamente infinito. Los problemas lógicos y ontológicos suscitados por un espacio infinito serían los que conducirían a Kant a elaborar su doctrina del espacio, base de la filosofía crítica.
- *Continuidad*: Aristóteles en la *Física* manifiesta que toda trayectoria y todo tiempo son continuos.⁸ Kant dirá lo mismo veinte siglos después. Ambos entienden la idea de continuidad como lo infinitamente divisible. Habrá que esperar hasta el siglo XIX para encontrar una definición exacta del continuo.
- *Tridimensionalidad*: Aristóteles en la *Metafísica* contrasta la línea con la superficie y con el cuerpo.⁹ Dice de la primera que es continua en un solo sentido, la segunda es continua en dos sentidos y el tercero lo es en tres sentidos. Por consiguiente, la primera es divisible sólo de una manera, la segunda de dos y el tercero de tres maneras. Kant definió el espacio, en un primer momento, de una manera similar. Sin embargo, posteriormente, lo solía definir de una manera genética, como la mayor parte de sus contemporáneos, a saber: como la posibilidad de construir en un punto cualquiera tres rectas perpendiculares entre sí. Más tarde Riemann concebirá espacios tridimensionales que no permiten tal construcción y, posteriormente, Cantor y Peano harán entrar en crisis la noción de dimensión. A principios del siglo XX se requirió un criterio que permita asignar sin lugar a dudas un número preciso de dimensiones a un conjunto. Este requisito se encontró y se formuló de la siguiente manera: un conjunto tiene dimensión n cuando es cortado por un subconjunto suyo de (como mínimo)

⁸ Cfr. Aristóteles, *Física*. Introducción, traducción y notas de Guillermo R. de Echahndía, Gredos, Madrid, 1995, p. 270 (219 a 12-13).

⁹ Cfr. Aristóteles, *Metafísica*. Introducción, traducción y notas de Tomás Calvo Martínez, Gredos, Madrid, 1994, libro V (D), cap. 6, p. 221, (1016 b 25-30) y cap. 13, p. 238, (1020 a 11).

dimensión $n-1$. En la década de los setenta el matemático francés de origen polaco Benoit B. Mandelbrot utilizó una definición de dimensión mucho más abstracta que la usada en la geometría euclidiana. Elaboró el concepto de dimensión fraccionaria debido a su descubrimiento de la geometría fractal.¹⁰

- “Plano”: Hasta el siglo XIX no se toma conciencia de que el espacio euclidiano requería esta condición. Hubo que esperar a que Riemann generalizara la idea de curvatura de Gauss. El concepto de “curvatura del espacio” es puramente analítico; no remite a la intuición, ni la contraría, siendo el caso que el espacio euclidiano tiene curvatura constante e igual a cero, es decir, es “plano”. El carácter de plano del espacio euclidiano puede representarse fácilmente: un espacio es “plano” cuando en cualquiera de sus regiones pueden construirse figuras de cualquier tamaño que sean semejantes a una figura dada.

IV.3. Características del espacio absoluto de Newton.

El espacio absoluto de Newton es inmóvil, se trata de un conjunto de puntos matemáticos que representan los lugares del espacio absoluto. Así aparece descrito en el punto II del Escolio a las Definiciones de los *Principia*:¹¹

II. El espacio absoluto, por su naturaleza y sin relación a cualquier cosa externa, siempre permanece igual e inmóvil; el relativo es cualquier cantidad o dimensión variable de este espacio, que se define por nuestros sentidos según su situación respecto a los cuerpos, espacio que el vulgo toma por el espacio inmóvil: así, una extensión espacial subterránea, aérea o celeste definida por su situación relativa a la Tierra. El espacio absoluto y el relativo son el mismo en especie y en magnitud, pero no permanecen siempre el mismo numéricamente. Pues si la Tierra, por ejemplo, se mueve, el espacio de nuestra atmósfera que relativamente y respecto a la Tierra siempre permanece el mismo, ahora será una parte del espacio absoluto por la que pasa el aire, después otra parte y así, desde un punto de vista absoluto, siempre cambiará.¹²

¹⁰ Mandelbrot afirmó que la dimensión de un fractal se debe usar como un exponente al medir su tamaño. El resultado es que no se puede considerar estrictamente que los fractales existen en una, dos o un número entero de dimensiones, sino que se han de manejar matemáticamente como si tuvieran dimensión *fraccionaria*. V. g. La curva del “copo de nieve” tiene una dimensión fractal de 1,2618.

¹¹ Las discusiones generadas por este Escolio se iniciaron con Berkeley (principalmente en el *Treatise on the Principles of Human Knowledge*, 1710, *De motu*, 1720), continuaron en la polémica con Clarke desde el lado Leibniziano, siguieron con el impulso de las geometrías no euclídeas, y llegaron a su mayor dimensión con Mach y la Teoría de la relatividad. Puede verse un amplio debate en Grünbaum A., *Philosophical Problems of Space and Time*, Reidel, Dordrecht/Boston, 1973.

¹² *Principia*, Ed. cit., vol. 1, 127.

Siendo el espacio un conjunto de puntos matemáticos conserva, sin embargo, cada punto una particularidad propia. En efecto, Newton establece la individualidad de las partes del espacio en virtud de la diferente posición que en él ocupan. Como dijo Russell: “el espacio, como el tiempo, era ‘absoluto’, es decir, consistía en una colección de puntos, cada uno desprovisto de estructura, y siendo uno de los constituyentes últimos del mundo físico. Cada punto era eterno e inmutable. El cambio consistía en estar ‘ocupado’ a veces por un trozo de materia, a veces por otro, y a veces por nada”.¹³

El movimiento consiste en la sucesiva ocupación por un móvil de dichos puntos:

Mas como estas partes del espacio no pueden verse y distinguirse unas de otras por medio de nuestros sentidos, en su lugar utilizamos medidas sensibles. Por las posiciones y distancias de las cosas a cierto cuerpo que consideramos inmóvil, definimos todos los lugares; posteriormente interpretamos todos los movimientos por respecto a los antedichos lugares, en tanto que los concebimos como pasos de los cuerpos por estos lugares. Así, usamos de los lugares y movimientos relativos en lugar de los absolutos y con toda tranquilidad en las cosas humanas: para la Filosofía, en cambio, es preciso abstraer de los sentidos. Pues es posible que en la realidad no exista ningún cuerpo que esté en total reposo, al que referir lugar y movimiento.¹⁴

El espacio relativo es, pues, el aspecto fenoménico del espacio absoluto, su medida o dimensión. Por eso los cuerpos, sus movimientos y relaciones no se identifican con el espacio. El espacio absoluto no es el responsable de la existencia de fuerzas ya que es inmóvil, pero se requiere de su infinitud para que pueda darse la ley de inercia, además un espacio finito no es homogéneo al darse en él puntos privilegiados.

IV.4. Tipos de movimiento.

IV.4.1. Movimiento rectilíneo.

El movimiento rectilíneo necesita especificar el sistema al que está referido. El sistema de referencia debe ser inmóvil y tal cosa se consigue con el espacio absoluto. El espacio absoluto es el continente de los móviles y aquello en relación a

¹³ Russell B., *El conocimiento humano: su alcance y sus límites*. Versión española de Néstor Míguez, Tecnos, Madrid, 1977. p. 287.

¹⁴ *Principia*, Ed. cit., vol. 1, 129-130.

lo que se mueven. El espacio absoluto es el sistema de referencia absoluto que dota de valor universal a las leyes del movimiento.

Newton admite el principio de relatividad de Galileo. Este principio dice que todos los sistemas de referencia son esencialmente equivalentes para describir mecánicamente el movimiento.¹⁵ Según este principio no habría sistemas de referencia privilegiados. Sabemos que según Newton el centro de gravedad de un sistema de cuerpos sobre el que no actúa fuerza exterior alguna está sometido a la ley de inercia; los cuerpos de un sistema no pueden acelerarse por la acción de sus fuerzas recíprocas. Según esto el centro de gravedad del Universo se encuentra en reposo. ¿Se contradice Newton? No, porque es perfectamente lógico que el sumatorio de todos los subsistemas que integran un único sistema pueda estar en reposo, aunque para la descripción mecánica sea equivalente tomar como referencia cualquiera de ellos.

IV.4.2. Movimiento acelerado.

El movimiento acelerado es la clave del movimiento absoluto ya que permite un análisis dinámico y no sólo cinemático. El espacio absoluto no es accesible a nuestros sentidos por lo que nos vemos obligados a establecerlo por sus causas y sus efectos:

- Causas: Fuerzas centrípetas. Vienen del exterior.
- Efectos: Fuerzas centrífugas. Vienen de la tendencia inercial del cuerpo.

Las fuerzas ejercidas desde el exterior (centrípetas) son las que diferencian el movimiento relativo del movimiento verdadero:

Las causas por las que los movimientos verdaderos y los relativos se distinguen mutuamente, son fuerzas impresas en los cuerpos para producir el movimiento. El movimiento verdadero ni se engendra ni se cambia, a no ser por fuerzas impresas en el mismo cuerpo movido; en cambio, el movimiento relativo puede generarse y cambiarse sin fuerzas impresas en tal cuerpo. [...].

Los efectos por los que los movimientos absolutos y los relativos se distinguen mutuamente son las fuerzas de separación del eje de los movimientos circulares. Pues en el movimiento circular meramente relativo estas fuerzas son

¹⁵ Cfr. Galileo Galilei, *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*. Vol. VII de las *Opere*, pp. 140-143, 197, 273-275, 401. Traducción de Antonio Beltrán Marí, Alianza (RBA), Barcelona, 2002.

nulas, pero en el verdadero y absoluto son mayores o menores según la cantidad de movimiento.¹⁶

El movimiento requiere de la fuerza. Aunque el movimiento relativo de un cuerpo no cambie puede estar sometido a alguna fuerza, el movimiento absoluto no tiene que ver con las posiciones relativas de los demás cuerpos, sino con las fuerzas. Así como el movimiento relativo es un dato de la experiencia inmediata, el movimiento absoluto es efecto de la fuerza. Como el efecto de las fuerzas son las aceleraciones y las aceleraciones son lo único perceptible, la causa de la aceleración no es perceptible, es decir, las fuerzas no se perciben, sólo percibimos sus efectos. Las fuerzas centrípetas tienden a los centros de cada planeta:

Deduzco que las fuerzas centrípetas tienden hacia los cuerpos del Sol, de la Tierra y de los planetas, del modo siguiente: la Luna gira en torno a nuestra Tierra, y con radios trazados al centro de la misma Tierra, describe áreas proporcionales a los tiempos muy aproximadamente.¹⁷

Según Newton, aunque todos los cuerpos circundantes fueran aniquilados las fuerzas centrífugas continuarían dándose en un cuerpo que gira. En los movimientos relativos no podemos saber si se mueven o no verdaderamente los cuerpos:

Es muy difícil conocer los movimientos verdaderos de cada cuerpo y distinguirlos de hecho de los aparentes; además, porque las partes de aquél espacio inmóvil, en que los cuerpos se mueven verdaderamente, no se captan por los sentidos. Sin embargo, no es el caso desesperado. Pues surgen argumentos, parte de los movimientos aparentes, que son diferencias de los movimientos verdaderos, parte de las fuerzas, que son causas y efectos de los movimientos verdaderos. Así si a dos esferas, unidas entre sí por un hilo de determinada longitud, se las hace girar en torno al común centro de gravedad, aparecerá por la tensión del hilo el conato de las esferas de alejarse del eje de giro, y de ello se puede calcular la cantidad de movimiento circular. [...]. De este modo se podría averiguar la cantidad y la determinación de este movimiento circular en cierto vacío inmenso, donde nada hubiese externo y sensible con lo que se pudiesen comparar las esferas.¹⁸

Sólo con las fuerzas centrífugas y sistemas materiales de referencia podemos establecer las leyes del movimiento. Pero Newton insiste en la necesidad del espacio absoluto para poder establecer leyes universales.

¹⁶ *Principia*, Ed. cit., vol. 1, 131.

¹⁷ Newton, I., *El Sistema del Mundo*. Traducción, introducción y notas de Eloy Rada García Alianza, Madrid, 1986, p. 51. El libro III de los *Principia* no fue el que primeramente escribió Newton para su trilogía. El texto que estaba destinado a cerrar la serie era *De Mundi systemate Liber*, pero debido a su estilo, menos técnico que los *Principia*, reescribió el libro III. La primera versión se publicó póstumamente, en 1728, con el nombre de *De Mundi systemate Liber Isaaci Newtoni*.

¹⁸ *Principia*, Ed. cit., vol. 1, 133.

IV.5. La noción de fuerza.

Newton no entiende por atracción la causa por la que los cuerpos tienden los unos hacia los otros. Las fuerzas son consideradas matemática y no físicamente. Cuando hablamos de la fuerza no se trata de algo real, sino de una relación matemática entre puntos matemáticos:

Por cierto, que llamo en el mismo sentido fuerzas acelerativas y motrices a las atracciones y a los impulsos. Utilizo unas por otras, e indiferentemente, las palabras atracción, impulso, tendencia de cualquier tipo a un centro, y lo hago considerando a tales fuerzas, no en su aspecto físico, sino sólo en el matemático. De ahí que cuide el lector de no creer que con estas palabras yo esté definiendo algún género o modo de acción o causa o propiedad física, o que estoy atribuyendo a los centros (que son puntos matemáticos) verdaderas fuerzas físicas, si me hallare diciendo que los centros atraen o que las fuerzas son centrales.¹⁹

Los centros de gravedad son puntos matemáticos (intensivos), no pueden atribuírseles propiedades físicas. El cálculo infinitesimal servirá a Newton para manejar matemáticamente estas propiedades intensivas. Hablar de causas y efectos en este aspecto matemático es puramente metafórico. Como Newton no encontraba solución al tema de la naturaleza física y origen de las fuerzas, prefirió dejarlo a un lado y considerar el tema desde la matemática antes que interrumpir su obra. Los axiomas o leyes del movimiento atienden, pues, sólo al aspecto matemático de la cuestión. El problema de actuar así es que se acaba cayendo en una petición de principio. En último término no sabemos cuales son las causas físicas del movimiento, sólo *cómo* se comportan, no *porqué* se mueven los objetos. Newton lo dice claramente: *Hypotheses non fingo*, “pues lo que no se deduce de los fenómenos, ha de ser llamado *Hipótesis*; y las hipótesis, bien metafísicas, bien físicas, o de cualidades ocultas, o mecánicas, no tienen lugar dentro de la Filosofía experimental”.²⁰

La gravedad no es, pues, una cualidad de los cuerpos. Las propiedades de los cuerpos son la extensión, dureza, impenetrabilidad, inercia (*vis insita*); es decir, magnitudes que no aumentan ni disminuyen:

¹⁹ *Ibíd.*, 126.

²⁰ *Ibíd.*, vol. 2, 785. Sobre el sentido de esta afirmación *vid.*, Noxon, J., *La evolución de la filosofía de Hume*. Traducción de Carlos Solís, Revista de Occidente, Madrid, 1974, pp. 50-64.

Han de considerarse cualidades de todos los cuerpos aquellas que no pueden aumentar ni disminuir y que afectan a todos los cuerpos sobre los cuales es posible hacer experimentos.²¹

Para Newton la materia se diferencia del espíritu no por la extensión, sino por la acción (*vis impressa*). Si esto es así ¿de donde proviene la *vis impressa*? ¿Cómo es posible la acción a distancia? Roger Cotes (1682-1716), discípulo de Newton, disuelve el problema haciendo de la atracción un problema tan esencial a la materia como puedan ser la impenetrabilidad y la extensión. Pero por mucho que Cotes interprete así las ideas de su maestro, Newton no entendía la fuerza en sentido físico y en matemáticas carece de sentido hablar de causas y efectos. El problema de la acción a distancia carece de sentido en un contexto matemático.²²

Los sucesores y contemporáneos de Newton, al hacer de la fuerza algo físico, se enredaron en los problemas derivados de la propagación de la fuerza de gravedad. Requirieron un medio en el que se pudiera transmitir (éter) aunque su velocidad fuera infinita. Creyeron que Newton, al no mencionar ningún medio en el que la fuerza de gravedad se propagara, postuló la acción a distancia. Ante las críticas suscitadas, Newton termina por adoptar las posiciones que anteriormente rechazaba, y admite la existencia de un éter en el cual se transmiten las fuerzas de atracción de los cuerpos.

La resistencia de un medio como el éter perturbaría los movimientos planetarios. Por eso en 1717 tendrá que dar al éter propiedades muy especiales como una gran elasticidad y muy poca densidad. Sólo las múltiples críticas a su obra, comparando sus principios activos (gravedad) a las cualidades ocultas de la escolástica, hicieron que Newton postulara la existencia de una materia sutil:

No considero que estos principios sean cualidades ocultas, supuestamente derivadas de las formas específicas de las cosas, sino que son leyes generales de la naturaleza por las que se forman las cosas mismas y cuya verdad se nos aparece por los fenómenos, aun cuando sus causas todavía no hayan sido descubiertas.²³

Ya en la segunda edición de los *Principia* (1713), realizada por Cotes, fue añadido un Escolio General en el que trata el tema del éter como explicación a la gravedad, aunque sin describirlo:

²¹ *Principia*, Ed. cit., vol. 2, 617.

²² Parece pasar siempre desapercibido que explicar la acción a distancia (atracción) es tan complicado como explicar la transmisión por contacto (choque o impulso).

²³ Newton, I., *Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*. Introducción, traducción notas e índice analítico, Carlos Solís, Alfaguara, Madrid, 1977, Libro III, p. 346.

Bien podríamos ahora añadir algo de cierto espíritu sutilísimo que atraviesa todos los cuerpos gruesos y permanece latente en ellos; por cuya fuerza y acciones las partículas de los cuerpos se atraen entre ellas a las mínimas distancias y una vez que están contiguas permanecen unidas; [...].²⁴

Newton tenía claro que, o prescindía de la explicación física y se contentaba con la matemática, o tendría que recurrir a la metafísica. Toda explicación puramente mecánica de la fuerza está presa de una petición de principio.

IV.6. Las leyes fundamentales del movimiento.

El prefacio a los *Principios matemáticos de la filosofía natural* fue fechado el 8 de mayo de 1686, aunque hay motivos para pensar que esa no fue su fecha redacción, Newton dice en él:

Toda la dificultad de la filosofía [natural] parece consistir en que, a partir de los fenómenos del movimiento, investiguemos las fuerzas de la naturaleza y después de estas fuerzas demostremos el resto de los fenómenos. A esto se refieren las proposiciones generales que tratamos en los libros primero y segundo. En el libro tercero proponemos un ejemplo de esto con la explicación del sistema del mundo. Pues allí, a partir de los fenómenos celestes, por medio de proposiciones demostradas matemáticamente en los libros anteriores, se deducen las fuerzas de la gravedad por las que los cuerpos tienden hacia el Sol y a cada uno de los planetas. Después, a partir de fuerzas, también por proposiciones matemáticas, se deducen los movimientos de los planetas, cometas, Luna y mar. Ojalá que fuera posible deducir los demás fenómenos de la naturaleza a partir de principios mecánicos con el mismo género de argumentación, pues muchas cosas me mueven a sospechar que puedan depender todos ellos de ciertas fuerzas con las que las partículas de los cuerpos, por causas aún desconocidas, bien se atraen unas a otras uniéndose según figuras regulares, bien huyen y se separan unas de otras; y, siendo estas fuerzas desconocidas, en vano los filósofos hasta ahora intentaron acercarse a la naturaleza. Espero, sin embargo, que con este modo de filosofar o con otro mejor, los principios aquí enunciados añadan alguna luz.²⁵

Tras dar las definiciones de cantidad de materia (masa), cantidad de movimiento (momento)²⁶, inercia y fuerza, formula las tres leyes del movimiento:

Ley primera o *principio de inercia o de acción de las fuerzas*:

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.²⁷

Ley segunda o *ecuación fundamental de la Dinámica*:

²⁴ *Principia*, Ed. cit., vol. 2 (059), 785.

²⁵ *Ibíd.*, vol. 1, 98-99.

²⁶ El momento es el grado de realidad como causa. Cfr. *KrV.*, A 168-169/B 210.

²⁷ *Principia.*, Ed. cit., vol. 1, 135.

El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime.²⁸

También puede expresarse según la relación $F = m \cdot a$, es decir, la aceleración de un cuerpo sobre el que actúa una fuerza es directamente proporcional a esa fuerza e inversamente proporcional a la masa del cuerpo. Sobre la base de esta ley podemos introducir una unidad de fuerza definiéndola por convención como aquella fuerza, que actuando sobre un objeto que tiene la masa de un gramo, le comunica la aceleración de un centímetro por segundo cada segundo. Aunque esta unidad de fuerza, llamada *dina* (dyn), resulta muy apropiada para una hormiga que empuja su carga, puede resultar pequeña para otros cometidos, por eso en ingeniería se suele usar una unidad 10^5 veces mayor llamada *newton* (N). Cuando una fuerza que actúa sobre un objeto lo desplaza a una cierta distancia, el producto de esa fuerza por la distancia se conoce como el *trabajo* realizado por ella. Si la fuerza se expresa en dinas y la distancia en centímetros, el trabajo será medido en unidades llamadas *ergios* (erg). Para las finalidades de la ingeniería se emplea una unidad de energía mucho mayor llamada *julio* (J) igual a 10^7 ergios. También se puede introducir la unidad de potencia que indica la cantidad de trabajo desarrollada en la unidad de tiempo; se suele medir en ergios por segundo y no tiene nombre especial. En ingeniería se usa el *vatio* (W) que es un julio por segundo, o el *caballo de vapor* (CV o HP) que es igual a 751 vatios. También es muy usado el Kilovatio (kW), en el que viene expresada la potencia contratada en las facturas de la luz y el Kilovatio hora (kWh) que mide el consumo realizado.

Ley tercera o *principio de acción y reacción*:

Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria: O sea, las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en direcciones opuestas.²⁹

A esta tercera ley hace Newton el siguiente comentario:

El que empuja o atrae a otro es empujado o atraído por el otro en la misma medida. Si alguien oprime una piedra con el dedo, también su dedo es oprimido por la piedra. Si un caballo arrastra una piedra atada con una soga, el caballo es retroarrastrado (por así decirlo) igualmente, pues la soga estirada en ambas direcciones y con el propio impulso de contraerse tirará del caballo hacia la piedra y de la piedra hacia el caballo y tanto se opondrá al progreso de uno cuanto ayude al avance del otro. Si un cuerpo cualquiera golpeando sobre otro cuerpo cambiara el movimiento de éste de algún modo con su propia fuerza, él mismo a la vez sufrirá

²⁸ *Ibíd.*, 136.

²⁹ *Ídem.*

el mismo cambio en su propio movimiento y en sentido contrario a la fuerza del otro cuerpo (por la igualdad de la presión mutua)...³⁰

¿Por qué entonces está el caballo tirando de la piedra y no la piedra tirando del caballo? La diferencia entre el que tira y el que sujeta es el *rozamiento*. El rozamiento se opone siempre al movimiento.

Partiendo de estos principios, Newton probó que las tres leyes empíricas de Kepler son equivalentes a la proposición de que todo planeta experimenta y mantiene en cada momento una aceleración hacia el Sol, la cual varía inversamente al cuadrado de las distancias a éste. Además mostró que las aceleraciones hacia la Tierra y el Sol, siguiendo la misma proporción, explican el movimiento de la Luna; y que la aceleración de los cuerpos que caen hacia la superficie (una manzana por ejemplo) también obedece a la misma fórmula. Así pues había una relación entre la caída de los graves y el movimiento de los planetas. Se cuenta que Newton se había preguntado en su huerto de Woolthorpe ¿por qué cae la manzana y no la Luna? En su teoría, el movimiento de la Luna puede considerarse como una caída sin fin, explicando su trayectoria la acción combinada de las fuerzas centrífuga y centrípeta, de acuerdo con la regla galileana del paralelogramo para los proyectiles.³¹ Se vislumbraba, pues, la unificación de los fenómenos celeste y terrestre desde hacía tiempo, pero es a Newton a quien se le atribuye el concebir a la Luna como un satélite terrestre, cuya trayectoria se deja describir como el caso límite de las trayectorias de proyectiles lanzados desde una posición elevada y que vayan a caer cada vez más lejos.

La generalización de estas ideas le llevó a la formulación de la ley de gravitación universal:

La gravedad es proporcional al producto de las masas o cantidad de materia que los cuerpos contienen e inversamente proporcional al cuadrado de sus distancias.³²

En forma algebraica, la ley se expresa así: $F_g = G (Mm/r^2)$.

Newton mostró que, tomando como premisa la ley de gravitación, eran deducibles todos los fenómenos del movimiento tanto terrestres como celestes

³⁰ *L. c.*

³¹ Cfr. Galileo Galilei, *Op. cit.*, 201-202; *vid.*, 152-153, 194 y 218-228.

³² *Principia*, Ed. cit., vol. 2, Libro III, Proposición VII, Teorema VII, p. 635.

(incluidos los cometas). Las leyes de Kepler pasaron de este modo de ser empíricas a ser deducidas.³³ Quedó así unificada la física de Galileo y la de Kepler y refutada la teoría de los vórtices de Descartes. La física de Newton, perfeccionada por Laplace, permitió a Urbain-Jean-Joseph Le Verrier (1811-1877) predecir con gran precisión la existencia de Neptuno a raíz de las perturbaciones que presentaba Urano. Neptuno fue descubierto rápidamente por Johann Gottfried Galle (1812-1910) en el observatorio de Berlín siguiendo las predicciones teóricas de su órbita. Le Verrier calculó también el paralaje solar y, por vez primera, la precesión del perihelio de Mercurio. Más tarde, una vez que James Clerk Maxwell (1831-1879) consiguió formular sus ecuaciones estructurales del campo electromagnético, se llegó a la crisis de fundamentos en física, debida a la incompatibilidad entre la mecánica newtoniana y el electromagnetismo. El concepto de campo quizá sea el descubrimiento más significativo de la física en el lapso que transcurre entre Newton y Einstein. Su descubrimiento se debe al arte experimental de Faraday y al don matemático de Maxwell, al interpretar que la clave para la descripción de los fenómenos físicos no reside ni en las cargas eléctricas ni en las partículas, sino en el espacio que las rodea. En los acontecimientos del campo no intervienen fuerzas instantáneas a distancia, como la gravitación en la física de newtoniana, sino que los sucesos se propagan por la suma de pasos infinitesimales de un punto a otro. Las fuerzas a distancia se transforman en leyes de campo. Las leyes del campo no ligan los sucesos de un lugar con las condiciones de otro lugar, sino que el campo es determinado, aquí y ahora, por las condiciones de la vecindad inmediata en el espacio y en el tiempo. Tal crisis fue puesta de manifiesto por el experimento de Michelson-Morley. Más adelante analizaremos este problema.³⁴

IV.7. El cálculo diferencial.

El cálculo diferencial o infinitesimal fue descubierto por Newton y por Leibniz, originando la famosa polémica Leibniz-Clarke. Sin embargo, la historia de

³³ Con ello quedó deducido el heliocentrismo y abandonado el geocentrismo.

³⁴ *Vid. inf., ptes. VII.1 y VII.2.*

la matemática de Bourbaki,³⁵ la de Boyer,³⁶ la de Ríbnikov³⁷ y la de Colerus³⁸ coinciden en que algo tan importante no apareció de repente y de manera aislada en dos personas, sino que fueron muchos los matemáticos que intervinieron en el proceso. El precedente más antiguo y prestigioso se remonta al método de exhaustión de Eudoxo y Arquímedes, en virtud del cual conseguían determinar áreas y volúmenes difíciles (encerrados por curvas) por aproximación sistemática; practicaban en lugar de la suma de la serie que se generaba, lo cual envolvía infinitos términos, una doble *reductio ad absurdum* del tipo: el área apuntada no puede ser menor que A, y tampoco puede ser mayor que C, luego efectivamente es B. En la modernidad fue Kepler el que más directamente se vio forzado a retomar el tema para demostrar que las áreas barridas por el radiovector en el mismo tiempo eran iguales. Cuando Galileo se enfrentó al problema de determinar un área de figura curvilínea (el área bajo el arco de la cicloide), se le ocurrió pesar una lámina cuadrada de chapa homogénea, luego construir la figura, recortarla y pesarla; una vez conocidos los dos pesos, mediante regla de tres calculaba el área aproximada de la figura. Pero entre los precursores más directos de Newton y Leibniz hay que citar a Fermat, Pascal, y a cuatro eclesiásticos: los anglicanos John Wallis (1616-1703) e Isaac Barrow (1630-1677) y los católicos Bonaventura Cavalieri (1598-1647) (que era discípulo de Galileo) y Gregoire de St. Vicent (1584-1667) (que fue tutor de la corte de Felipe IV).

³⁵ Nicolas Bourbaki es un seudónimo que designa a un grupo de matemáticos franceses. Nicolas Bourbaki nació en 1939 a partir de un grupo de antiguos alumnos de la Escuela Normal Superior de París, entre los que figuraban H. Cartan, C. Chevalley, J. Delsarte, J. Dieudonné y A. Weil. Desde 1940 viene publicando un tratado titulado *Elementos de historia de las matemáticas*. En esta obra de referencia, el grupo se propone tomar las matemáticas en su punto de partida (la lógica formal y la teoría de conjuntos) y obtener a partir de ahí la estructura axiomática y sistemática. Ya se han publicado más de 30 monografías, con un volumen total de 5.000 páginas, pero la redacción de estos 'elementos' todavía no ha terminado. Esta asociación de matemáticos pervive desde hace más de 55 años gracias a su original modo de funcionamiento. Se ingresa en ella por cooptación, pero se abandona el grupo libre y automáticamente al cumplir 50 años. El movimiento Bourbaki, que se declara discípulo de la escuela matemática alemana, dominada en la época de su fundación por David Hilbert, ha contribuido en gran medida a los avances de la matemática contemporánea.

³⁶ Carl B. Boyer, *Historia de la matemática*. Versión de Mariano Martínez Pérez, Alianza, Madrid, 2001.

³⁷ K. Ríbnikov, *Historia de las matemáticas*. Traducción de Concepción Valdés Castro, Mir Moscú, URSS, 1991.

³⁸ Egmont Colerus, *Breve historia de las matemáticas*. Traducción de Antonio Gallifa, Doncel, Madrid, 1973.

No obstante Leibniz y Newton fueron los que vieron con claridad la posibilidad del cálculo diferencial propiamente dicho. La mayoría de los intentos que pueden ser tomados como precursores fueron en la dirección del cálculo integral y menos en la del cálculo diferencial, sólo ellos dos vieron la íntima relación entre ambas vertientes del cálculo infinitesimal. Newton descubrió el método de series infinitas y el cálculo durante los años 1665-1666. En la primera edición de los *Principia* Newton reconocía que Leibniz estaba en posesión de un método análogo, pero en la tercera edición (1726) fue suprimida la referencia. Desde mediados del pasado siglo se sabe que Newton descubrió el cálculo unos diez años antes que Leibniz. Éste descubrió de manera independiente el cálculo y lo publicó antes que Newton en las *Acta Editorum* de 1684. Otro mérito de Leibniz consistió en la elección de la notación, fue tan clara y simple que es la que se usa actualmente.

Lo que se buscaba en con el cálculo integral era un método general para hallar el área o volumen de (o someter a cuadratura) las figuras geométricas curvas y que, por supuesto, empezara por englobar con los mismos resultados todos los casos ya conocidos por métodos anteriores. Con el cálculo diferencial ocurría algo parecido, pues se trataba de hallar un método que englobara los diferentes procedimientos practicados para determinar las tangentes respectivas de las diferentes figuras.

Newton comenzó considerando en sus métodos infinitesimales aquellas cantidades que van fluyendo, o “fluentes”.³⁹ En 1742 publicó el *Methodus fluxionum et serierum infinitorum*. En 1676 escribió *De quadratura curvarum*, en el que trató de evitar tanto las cantidades infinitamente pequeñas como las cantidades fluentes, reemplazándolas por una teoría de las llamadas “razones primeras y últimas”. Pero no sería hasta 1687 cuando expusiera su cálculo, éste lo encontramos en la sección primera del Libro primero de los *Principia*, titulada: “Del método de las razones primeras y últimas por cuyo medio se demuestra lo que sigue”⁴⁰ y en el Lema II del Libro segundo.⁴¹ Con ello se consiguió la matemática adecuada que hizo posible la nueva física matemática instaurada por Galileo.

³⁹ Vid., KrV., A 170/B 211-212, cit. en inf., 316.

⁴⁰ *Principia*, Ed. cit., vol. 1, 157.

⁴¹ *Ibíd.*, vol. 2, 430.

IV.8. Creencias físico-religiosas.

Que Newton renunciara en su física a los problemas derivados del origen del movimiento no significa que los problemas metafísicos le trajeran sin cuidado. A Newton le preocuparon mucho las cuestiones metafísicas, en particular las teológicas.

IV.8.1. Teología.

La polémica entre Leibniz y Newton escondía una profunda discusión teológica. Newton quería demostrar, frente a Descartes la dependencia de la materia respecto de Dios. De la existencia de la materia tan sólo podemos saber que existe porque Dios quiere:

Si un rey tuviera un reino donde todas las cosas pudieran marchar sin su gobierno e intervención o sin su asistencia, o sin la dirección que le dispensa, sería para él, simplemente un reino nominal, en realidad no sería merecedor, en absoluto, del título de rey o gobernador. Y al igual que es razonable suponer que aquellos hombres que pretenden que en un gobierno temporal las cosas pueden seguir perfectamente bien sin que el rey mismo ordene o disponga cosa alguna, quieran destronar al rey, del mismo modo, quienquiera que afirme que el curso del mundo puede seguir sin la continua dirección de Dios, supremo gobernador, su doctrina tiende en realidad a excluir a Dios del mundo.⁴²

Al igual que ocurrió en el campo de la física, muchas de sus ideas teológicas encontraron una fuerte oposición:

M. Newton y sus seguidores tienen también una opinión muy graciosa acerca de la obra de Dios. Según ellos, Dios tiene necesidad de poner a punto de vez en cuando su reloj. De otro modo dejaría de moverse. No ha tenido suficiente imaginación para crear un movimiento perpetuo. Esta máquina de Dios es tan imperfecta que está obligado a ponerla en orden de vez en cuando por medio de una ayuda extraordinaria e incluso a repararla como haría un relojero con su obra. Sería sí mal artífice en la medida en que estuviera obligado a retocarla y corregirla.⁴³

Newton se interesó por las Sagradas Escrituras y especialmente por el enfrentamiento que se estableció entre Arrio y San Atanasio en los siglos III y IV d.C. al defender, éste último, el trinitarismo frente a la postura monoteísta de Arrio, el cual fue proclamado hereje en el Concilio de Nicea. Parece ser que Newton defendió la postura arriana, puesto que el nombre hermético que eligió para la su

⁴² Rada, E. (Ed.), *La polémica Leibniz-Clarke*, Taurus, Madrid, 1980, pp. 54-55.

⁴³ *Ibíd.*, 51.

labor de alquimista era Jeová Sanctus Unus, obtenido como anagrama de su auténtico nombre latinizado: Isaacus Neuutonus. Además su relación con Locke, partidario de la secta arriana de los socinianos, le condujo al ostracismo en 1692.

IV.8.2. Dios y el espacio.

Las profundas convicciones teológicas de Newton le llevaron a relacionar a Dios con el espacio. La escisión cartesiana entre pensamiento y extensión abrió la puerta al agnosticismo. Newton dirá que la cesura entre espíritu y materia no es correcta. Dios contiene en sí la extensión, por consiguiente la idea de extensión está contenida en el pensamiento divino y en virtud de él intuye.

Los cuerpos son partes de lo extenso dotadas de ciertas propiedades (movimiento, impenetrabilidad...) por Dios. La extensión es el fluido en el que se materializa el pensamiento divino, es la infinita pantalla tridimensional en la que el pensamiento de Dios se realiza y que los seres humanos percibimos. El ser humano es la criatura que siendo parte de Dios se percibe a sí misma y es consciente de ser un pensamiento divino (una criatura). El ser humano puede además llegar a conocer otros objetos que en el plano físico son lo mismo que él.⁴⁴

El objeto no es sustancia, es fenómeno sustancializado, Newton, al igual que Kant también critica la noción de sustancia material.⁴⁵ La materia no es lo mismo que la extensión, podemos decir que la extensión es a Dios lo que sus pensamientos (los objetos fenoménicos) son al ser humano:

Dios es uno y el mismo dios siempre y en todo lugar. Es omnipotente no sólo *virtualmente* sino *sustancialmente*: pues lo virtual no puede subsistir sin la sustancia. En él se hallan contenidas y se mueven todas las cosas, pero sin mutua interferencia. Dios nada sufre por el movimiento de los cuerpos; éstos no experimentan resistencia alguna por la omnipresencia de dios. Está reconocido que un Dios sumo existe necesariamente: y con la misma necesidad existe *siempre* y en *todo lugar*. De donde también es todo él semejante a sí mismo, todo ojo, todo oído, todo cerebro, todo brazo, todo fuerza de sentir, de entender, de actuar, pero en modo alguno a la manera humana, o a la manera corporal, sino de una manera totalmente desconocida para nosotros.⁴⁶

⁴⁴ Recordemos el argumento de Kant en la *Refutación del idealismo* en la *Crítica*, B 274-288. Cfr. inf., 127 nota 94.

⁴⁵ Cfr. *supra*, 73.

⁴⁶ *Principia*, Ed. cit., vol. 2, 783-784.

La acción a distancia repugna a Newton. Dios no actúa donde no está, pero su ubicuidad hace que esté en todas partes.

Las fuerzas externas también son una interacción divina. Los movimientos reales son provocados por Dios. Por eso la gravedad no puede ser una propiedad inmanente a los cuerpos. La materia es pasividad o inercia (*vis insita*). La divinidad es acción o fuerza (*vis impressa*). La gravitación es una fuerza material no mecánica. Los objetos se atraen mediados por Dios.

El espacio como *sensorium Dei* no es un órgano ni un medio de percepción a través del cual Dios perciba las cosas, sino la forma en que se manifiesta la omnipotencia divina. Entender que Dios es todo lo que hay es lo que llevó a Newton a negar ciertos dogmas cristianos como ya hemos visto.

IV.8.3. Alquimia.

Newton dedicó unos 30 años a los estudios de alquimia. Sus resultados son casi desconocidos debido al carácter secreto de sus investigaciones. La Filosofía natural estaba presa de los estrechos márgenes que el pensamiento mecánico le imponía. La separación entre cuerpo y alma planteada por Descartes, que explicaba todo por la necesidad mecánica de las partículas en movimiento, no satisfacía a Newton. El principio de inercia representaba la pura pasividad de la materia. La alquimia, sin embargo, representaba todo lo contrario, la integración de los principios masculinos y femeninos mediante la cópula mística por la acción del espíritu evidenciaba no sólo la existencia de principios activos, sino también la necesidad de su intervención en los procesos naturales. Ciertamente la alquimia no fue sólo química primitiva. Newton tuvo acceso, entre otras, a las obras de Roger Bacon, Alberto Magno, Basil Valentine, Miguel Servet, Robert Boyle, Raimundo Lulio y Paracelso.

Sus numerosas anotaciones fueron desechadas para la imprenta, no obstante Eduardo Battaner nos ofrece un ejemplo de lo que Newton anotaba en su cuaderno:

Con un buen fuego rápido y fuerte, 4 de hierro por 9 de estibinita dan como resultado una escoria negra y sucia, y tras la purga, se obtienen dos hermosas estrellas Régulo de Marte. Si estas son fundidas con palomas de Diana, se añade mercurio común y se ponen a fuego lento, y el resultado se tritura en un mortero

hasta que pierda su negror, y tras una 9 destilaciones se obtiene mercurio filosofal casi puro, la cola de pavo real, capaz de disolver todos los metales, incluso el oro. El oro empieza a burbujear, a hincharse y a pudrirse, y a brotar en salpicaduras y ramas, cambiando de colores diariamente cuyas apariencias me fascinan a cada día que pasa. Considero esto como un gran secreto de la alquimia.⁴⁷

En *Vegetación de los metales*, se cree que escrito en 1669 aunque no se sabe con certeza, Newton declara que la ciencia mecánica tiene que ser completada por una filosofía natural más profunda, que pruebe los principios activos que hay tras las partículas en movimiento.

IV.9. Crítica de Mach al espacio absoluto de Newton.⁴⁸

Newton creyó encontrar la forma de demostrar el espacio absoluto observando el movimiento circular de rotación. En las rotaciones absolutas se constata la presencia de fuerzas centrífugas. Mach desmonta este argumento eliminando el privilegio de las rotaciones absolutas, ya que también pueden aparecer fuerzas centrífugas en las rotaciones relativas. Por ejemplo, en el experimento del balde o cubo de agua Mach interpreta que es la rotación relativa, respecto a la masa de la Tierra y de los demás astros, la que provoca la fuerza centrífuga en el agua. El cubo también provoca una fuerza centrífuga, pero en este caso es tan débil que no se percibe. Newton pensaba que se puede diferenciar entre aceleración absoluta y aceleración relativa mediante el experimento del balde o cubo de agua. Si tomamos un cubo lleno de agua colgando de una cuerda, y le imprimimos un movimiento rotatorio, el agua que contiene inicialmente no es afectada por el movimiento y sólo poco a poco llega a adquirirlo; si consideramos al balde mismo como marco de referencia, resulta que al principio el agua se mueve relativamente a él con un

⁴⁷ Battaner López, E., *Planetas*, Alianza, Madrid, 1991, p. 94.

⁴⁸ Ernst Mach (1838-1916) pensaba que la ciencia debería restringirse a la descripción de fenómenos que pudieran ser percibidos por los sentidos. Por eso negó que pudiera darse un sistema de referencia universal y criticó por tal motivo la idea newtoniana de espacio absoluto. Según Mach todo movimiento ha de vincularse a un sistema de referencia material. Entendía que la determinación de la dirección y velocidad de un móvil supone siempre tener como referencia a otros cuerpos. Por eso Newton confundía el espacio absoluto en sus relaciones con un cuerpo, con el resto de objetos del Universo. Podemos deducir el reposo de un cuerpo de manera mecánica al considerar las relaciones de dicho cuerpo con los objetos que le rodean. Para poder aplicar la ley de inercia basta con referirla a cualquier sistema inercial. Este sistema puede ser desde la misma Tierra hasta el orbe de las fijas, dependiendo de nuestros intereses. Con esto, destaca Mach, los teoremas mecánicos no deben considerarse como verdades demostradas matemáticamente, sino como proposiciones *reguladoras de la experiencia*; considera que debemos olvidarnos de las verdades de valor absoluto y conformarnos con la relativa, pero suficiente, estabilidad de lo que nos rodea.

movimiento rotatorio (de sentido contrario al que imprimimos al balde), y luego poco a poco llega a estar en reposo. Cuando el agua se mueve respecto al cubo y continua en reposo respecto al suelo, se muestra idéntica a como estaba antes de que se iniciara la rotación; pero cuando llega a estar en reposo respecto al cubo y se mueve con este respecto al suelo, la superficie del agua se vuelve cóncava, y si el balde está muy lleno, una parte del líquido se derramará. Esta diferencia entre ambas situaciones revela a Newton que la rotación del agua respecto al balde era sólo una rotación aparente; la rotación con el balde respecto al suelo, en cambio, una rotación real y absoluta. Mach señala que para estar seguros de que la interpretación newtoniana es correcta, y la tendencia centrífuga observable en el agua es un efecto de su aceleración respecto al espacio absoluto, tendríamos que efectuar contrapruebas que eliminen la posibilidad de que esa tendencia se deba a la interacción del agua con los cuerpos que la rodean. De estas contrapruebas, Mach propone dos:

- ¿Qué ocurriría si nuestro cubo tuviera paredes muy gruesas, de varias leguas de espesor?
- ¿Qué sucedería si dejásemos tranquilo el cubo e hiciéramos rotar el cielo de las estrellas fijas en sentido contrario? ¿Permanecería en reposo el agua?⁴⁹

De esta concepción resulta que no hay sistemas de referencia privilegiados. A efectos físicos tanto valdría tomar como referencia a las estrellas fijas o al cubo que contiene el agua.

Mach no piensa en la verdad de una teoría sino en que de cuenta de las observaciones. Las teorías no son verdaderas ni falsas, son sólo interpretaciones válidas mientras no contradigan la experiencia. Lo que hace preferible a una teoría sobre otra no es su mayor grado de verdad, sino su mayor simplicidad y utilidad. Solamente cuentan los hechos y sólo el positivismo respeta tal principio.⁵⁰ Pensar en un mundo en el que nada más hubiera un cuerpo no conduce a ningún sitio, puesto que tal consideración resulta inverificable por la experiencia. De todo ello se

⁴⁹ Cfr. Mach, E., *Die Mechanik*, Darmstadt, 1963, pp. 222 y 226.

⁵⁰ *Vid.*, Kolakowski, L., *La filosofía positivista. Ciencia y filosofía*. Traducción de Genoveva Ruiz-Ramón, Cátedra, Madrid, 1979, pp. 145-152.

desprende que el único sistema de referencia válido es un sistema material. En él las masas son las causantes de la gravitación así como de las fuerzas inerciales que Newton atribuía al espacio. Entre los cuerpos ha de haber algún tipo de influencia o relación recíproca. No se puede prescindir del resto del Universo en la consideración de un hecho aislado.

Mach también estudió los fenómenos psicológicos de las sensaciones y las percepciones. En este respecto tiene claro que los conceptos sólo convienen a lo estable. Entre ellos se da un orden de relaciones:

En el discurso y en el pensar vulgares la apariencia es contrapuesta a la realidad. Cuando miramos un lapicero que se encuentra delante de nosotros en el medio “aire”, le vemos recto; si le sumergimos en el medio “agua”, le vemos quebrado. En este último caso se puede decir: el lapicero parece quebrado, pero en realidad es recto. Pero, ¿qué es lo que nos autoriza a llamar apariencia al primer caso y realidad al segundo?⁵¹

Las sensaciones son los efectos de los objetos sobre nuestro cuerpo. Sin embargo no hay objetos, sólo complejos de sensaciones. Mach elimina la diferencia entre lo físico y lo psíquico. Los objetos son tomados en un caso como sensaciones y en otro como objetos físicos. En realidad sólo hay relaciones de elementos, nada más. No hay sustancias, es decir, algo incondicionalmente estable:

La designación accesoria de los elementos como sensaciones es sólo empleada porque a la mayor parte de los hombres los elementos citados les son mucho más conocidos como sensaciones (colores, sonidos, presión, espacio, tiempo, etc.), mientras que, según la concepción más extendida, las partículas de masa son tenidas como elementos físicos, a los cuales van inherentes como “propiedades” o “efectos” los elementos en el sentido aquí empleado.⁵²

Lo único estable son los nexos o leyes de la naturaleza, pero eliminando de ellos todo lo metafísico. Por ejemplo, sustituye la relación causa-efecto por el concepto matemático de función. La causalidad sólo existe como abstracción humana.

⁵¹ Mach E., *Análisis de las sensaciones*, Traducción de Eduardi Ovejero y Maury, Alta Fulla, Barcelona, 1987, p. 9.

⁵² *Ibíd.*, 15.

V. La Filosofía trascendental como epistemología de las Ciencias físico-matemáticas.

V.1. De nuevo la filosofía de Wolff. ¿Cómo son posibles los juicios sintéticos *a priori*? V.2. Hume y la reforma de la metafísica. V.3. Lo peculiar de la metafísica como conocimiento. V.4. Las ciencias fácticas sintéticas *a priori*. V.4.1. La matemática pura. V.4.2. La ciencia pura de la naturaleza. La deducción trascendental basada en la síntesis pre-categorial. V.5. Fundamentación de las Ciencias físico-matemáticas: los principios fisiológicos. V.5.1. Principios matemáticos. Axiomas de la intuición. Anticipaciones de la percepción. V.5.2. Principios dinámicos. Analogías de la experiencia. Postulados del pensamiento empírico. V.5.3. Analogías de la experiencia y leyes del movimiento. Principio de inherencia o de permanencia de la sustancia. Principio de causalidad. Principio de interacción.

V.1. De nuevo la filosofía de Wolff. ¿Cómo son posibles los juicios sintéticos *a priori*?

Tanto Wolff como Descartes entienden la ciencia como un conocimiento deductivo. Para Wolff la filosofía es una ciencia de todas las cosas posibles, del *cómo* y del *porqué* son posibles. Por ciencia entiende un hábito o disposición del entendimiento a demostrar todo lo que afirma a partir de fundamentos inconclusos. Y por posible entiende “aquello que no encierra en sí nada contradictorio”,⁵³ con independencia de que exista o no realmente.⁵⁴ También entiende que todo lo que existe realmente, es posible.⁵⁵ La correspondencia entre el orden lógico y el orden ontológico se da por supuesta. De ahí que lo lógicamente posible sea siempre supuesto por lo real, pues sólo lo lógicamente posible puede existir. Dicho de otra manera, lo lógicamente posible es condición necesaria, aunque no suficiente, de lo realmente existente. Sin embargo, de lo lógicamente posible no puede excluirse su existencia pues siempre podrá existir en alguna circunstancia por remota que parezca. En efecto, una proposición existencial negativa nunca puede ser totalmente verificada, tan sólo puede ser definitivamente falsada si afirmamos la proposición que afirma lo que aquella niega.⁵⁶ El método de la metafísica es el analítico-deductivo. El principio que regula los elementos de lo lógicamente posible no es otro que el principio de no contradicción.

Kant se pregunta ¿Cómo son posibles los juicios sintéticos *a priori*? Esta pregunta supone ya que tal concepto no entraña contradicción, luego son posibles. Además Kant supone ya la posibilidad lógica de los mencionados juicios porque parte del *factum* de su existencia en la ciencia matemática. A Kant no se le ocurre hablar de juicios analíticos *a posteriori*, tales juicios no son posibles porque su concepto resulta contradictorio. La filosofía es, lo mismo que para Wolff, la ciencia de los conceptos.

⁵³ Wolff, Ch., *Pensamientos racionales acerca de Dios, el mundo y el alma del hombre, así como sobre todas las cosas en general*. Edición de Agustín González Ruiz, Akal, Madrid, 2000, § 12, p. 66. (En adelante citaremos esta obra como *Metafísica alemana*).

⁵⁴ Cfr. *ibíd.*, § 13, 66.

⁵⁵ *Ibíd.*, § 15, 66.

⁵⁶ Por ejemplo la proposición: “Cerberos no existe” se falsaría con la afirmación de Hércules: “Cerberos existe realmente, aquí está, capturado con mis propias manos.”

Kant también toma de Wolff la importante distinción entre causa y fundamento u origen:

El *fundamento* es aquello mediante lo cual se puede comprender porqué algo es; y la *causa* es una cosa que encierra en sí el fundamento de otra.⁵⁷

Kant busca el fundamento u origen lógico de la posibilidad de los juicios sintéticos *a priori*. No busca objetos, como no buscó objetos para fundamentar su Estética trascendental.⁵⁸ La *cosa en sí* es, pues, uno de los fundamentos del fenómeno, una de sus condiciones de posibilidad, no su causa. Si entendiéramos que la *cosa en sí* es la causa del fenómeno caeríamos en una apariencia dialéctica por hacer un uso trascendente de la categoría de causa:

No hay duda alguna de que todo nuestro conocimiento comienza con la experiencia. Pues ¿por donde iba a despertarse la facultad de conocer, para su ejercicio, como no fuera por medio de objetos que hieren nuestros sentidos y ora provocan por sí mismos representaciones, ora ponen en movimiento nuestra capacidad intelectual para compararlos, enlazarlos, o separarlos y elaborar así, con la materia bruta de las impresiones sensibles, un conocimiento de los objetos llamado experiencia? Según el tiempo, pues, ningún conocimiento precede en nosotros a la experiencia y todo conocimiento comienza con ella.

Mas si bien todo nuestro conocimiento comienza *con* la experiencia, no por eso originase todo *en* la experiencia. Pues bien podría ser que nuestro conocimiento de experiencia fuera compuesto de lo que recibimos por medio de impresiones y de lo que nuestra propia facultad de conocer (con ocasión tan sólo de las impresiones sensibles) proporciona por sí misma, sin que distingamos este añadido de aquella materia fundamental hasta que un largo ejercicio nos ha hecho atentos a ello y hábiles en separar ambas cosas.⁵⁹

Hemos visto que la filosofía wolffiana es concebida como la ciencia que da respuestas al *cómo* y al *porqué* de sus objetos. La respuesta al *cómo* surge del estudio y exposición de las propiedades de un objeto. Su principio rector es el principio de no contradicción. Sin embargo, la respuesta al *porqué* viene regida por el principio de razón suficiente, siendo ésta la tarea fundamental de la filosofía, pues, como veíamos más arriba,⁶⁰ el conocimiento filosófico está fundamentado, pero no así el histórico. Aquel conoce la razón por la cual suceden las cosas, mientras que éste trata del conocimiento empírico actual. Wolff define este principio

⁵⁷ *Ibíd.*, § 29, 69.

⁵⁸ Espacio y tiempo son las formas puras de la sensibilidad, no son objetos de la experiencia posible, sino el fundamento que permite percibirlos.

⁵⁹ *KrV.*, B 1.

⁶⁰ *Supra*, 28-30.

en virtud de la comprensión que de algo pueda tenerse, “donde hay alguna cosa que se puede entender por qué es, esa cosa tiene una razón suficiente”.⁶¹

Para Wolff sólo existe un axioma ya que derivó el principio de razón suficiente del principio de contradicción mediante una demostración directa o lógica del tipo *ad absurdum*. El argumento consiste en que resulta absurdo que algo no tenga su razón en otro. El problema de tal argumento reside en que se está suponiendo aquello que se quiere demostrar, es decir, se cae en un círculo. La demostración directa de este principio conduce bien a un círculo vicioso, bien a un regreso *ad infinitum*. Wolff buscó otra solución, si por éste procedimiento no había salida quizá el principio no valiera como tal principio sino como axioma. La demostración indirecta del principio de razón suficiente consiste en hacer ver su necesidad teórica. Según Wolff tal principio origina la distinción entre la realidad y los sueños.⁶²

Para Kant, igual que para Wolff, la no-contradicción es el fundamento de la no-imposibilidad de la existencia para el ámbito de lo posible. El ente es entendido como posible, pero su existencia no pertenece a sus constitutivos esenciales. No basta con que los fundamentos o razones sean suficientes (principio de razón suficiente), tienen que ser, además, necesarios. Hay que salir del ámbito de la mera posibilidad lógica para entrar en el ámbito de la experiencia posible.

El entendimiento no basta para conocer la existencia de las cosas, necesitamos la intuición sensible. El entendimiento solamente nos permite pensar el objeto. Wolff entiende la existencia como el *complementum possibilitatis*, sin embargo, para Kant, la existencia no añade nada nuevo al concepto, o dicho de otra manera, el ser no es un predicado real.⁶³

El dogmatismo que Kant quiere eliminar consiste en partir de conceptos infravalorando así a la experiencia. Ahora bien, hemos visto que para Wolff también comienza todo conocimiento con la experiencia, con el conocimiento histórico. La diferencia con Kant estriba en que dicho conocimiento no es sólo principio, sino también fin, es lo que permite la corroboración empírica.

⁶¹ Cfr. Wolff, Ch., *Metafísica alemana*. Ed. cit., § 30, 69.

⁶² *Ibid.*, § 142-146, 92-93.

⁶³ Cfr. *KrV.*, A 598/B 626, *Beweisgrund*, 48. (Ak., II, 72) y supra, pte. II.7. V. t., 133, 339, 334 y 338.

Otra analogía con Wolff radica en que Kant tampoco prueba directamente la existencia de los juicios sintéticos *a priori*, sólo los postuló como axioma, carecen, por tanto de demostración directa.⁶⁴ Este es el motivo de que la demostración del principio supremo de los juicios sintéticos sea circular, como veremos más adelante;⁶⁵ por eso resulta tan complejo tanto demostrar que tales juicios no existen como lo contrario. Los juicios sintéticos *a priori* instauran una nueva lógica, la lógica trascendental, por eso no son susceptibles de demostración directa, se caería en el mismo círculo en que caía Wolff al tratar de derivar el principio de razón suficiente del principio de contradicción mediante una demostración directa.

Como ahora sólo nos interesa ver la relación de la Filosofía de Kant en relación con el *factum* de la Física de su tiempo, nos valdremos del método analítico expuesto en *Prolegómenos* para posteriormente adentrarnos, con más detenimiento, en la *Crítica de la razón pura*.

V.2. Hume y la reforma de la metafísica.

En el prólogo a los *Prolegómenos* Kant explica cómo se dio cuenta de que la metafísica carecía de fundamento.⁶⁶ Hume llevó a cabo un proceso de subjetivización de la causalidad que terminó haciendo de su necesidad algo mental. Si esto es así, los conceptos de la razón no son más que meras invenciones debidas a la costumbre. Tal cosa elimina la posibilidad de una ciencia metafísica, sin embargo, Hume da a la metafísica un valor superior a las demás ciencias. Esto sucede porque la metafísica debe regular al resto de las ciencias sin caer en sus errores. Hume denunció las exageradas pretensiones de la razón especulativa, pero no supo corregirlas adecuadamente, con lo cual, se quedó en la pura destrucción de la metafísica como ciencia:

La idea de necesidad surge de alguna impresión. Pero no hay impresión, proporcionada por nuestros sentidos, que pueda dar origen a esta idea. Es preciso, por lo tanto, que se derive de alguna impresión interna, o impresión de reflexión. Mas no hay impresión interna que tenga relación alguna con el presente asunto, a

⁶⁴ Cfr. Stegmüller, W., “Gedanken über eine mögliche rationale Rekonstruktion von Kants Metaphysik der Erfahrung”. *Ratio*, 9, 1967, pp. 1-30; 10, 1968, pp. 1-31, cit. en *Aufsätze zu Kant und Wittgenstein*. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1970.

⁶⁵ *Q. v. inf.*, 292-294 y 309.

⁶⁶ *Vid.*, ptes. II.9. II.10 y II.11.

no ser una propensión, que la costumbre produce, de pasar de un objeto a la idea que habitualmente va unida con ella. Esto es, en definitiva, la esencia de la necesidad. En una palabra, la necesidad es algo que existe en la mente, no en los objetos; ni nos es posible jamás formar la más remota idea de ella, si se la considera como una cualidad de los cuerpos. O no tenemos idea de la necesidad, o la necesidad no es más que una determinación del pensamiento para pasar de las causas a los efectos, o de los efectos a las causas, de acuerdo con la experiencia que hemos tenido de su unión.⁶⁷

Este camino iniciado por Hume debería haber desembocado en una reforma de la ciencia metafísica, sin embargo no fue así. No se le entendió correctamente, la cuestión no era si el concepto de causa era necesario para el conocimiento; la cuestión era si es pensado *a priori* por la razón y de este modo una verdad era universal y necesaria. Tal duda requería una fatigosa investigación, pero sus contemporáneos no se complicaron en realizarla y apelaron al sentido común.

Hume sacó a Kant de su sueño dogmático y le proporcionó el punto de partida:

Lo confieso de buen grado: la advertencia de *David Hume* fue precisamente lo que hace muchos años interrumpió primero mi sueño dogmático y dio a mis investigaciones en el terreno de la filosofía especulativa una dirección completamente diferente.⁶⁸

Esta afirmación de Kant no está exenta de problemas a la hora de entender cuales fueron los motivos determinantes que le llevaron a emprender la reforma de la metafísica. A finales del siglo XIX Alois Riehl, Benno Erdmann y Erich Adickes estimaron que el motivo determinante del paso del realismo del espacio de 1768 al idealismo de 1770, fue el de la antinomia de la razón. Los documentos principales en que se apoya la tesis de estos comentaristas son dos: el primero y fundamental es la carta que escribió Kant a Christian Garve el 21 de Septiembre de 1798;⁶⁹ el segundo es La reflexión 4929 (1776-1778).⁷⁰ En los años 60 del pasado siglo algunos estudiosos de la obra de Kant y en especial Klaus Reich sostienen que el factor clave de la concepción expuesta en 1770 es el descubrimiento de una incongruencia entre la sensibilidad y el entendimiento, pero los argumentos de Reich parecen bastante

⁶⁷ Hume, D., *Treatise of human Nature*. En *David Hume. The Philosophical Works*. Edic. de Th. H. Green y Th. H. Grose, London, 1886. Reedic., Scientia Verlag, Aalen, 1964, lib. I, pte. III, sec. 14, vol. I, p. 460. (En adelante citaremos esta obra como *Treatise*).

⁶⁸ *Proleg.*, 29 (Ak., IV, 260).

⁶⁹ *Correspondencia*, 256-258 (Ak., XII, 257).

⁷⁰ Ak., XVIII, 69.

controvertibles.⁷¹ El texto de la cita anterior ha hecho que se escriba mucho acerca de las relaciones entre Hume y Kant, sin embargo, los datos “históricos” sobre este tema son escasos. Kant no conocía bien el idioma inglés, por lo que es de suponer que tuviera que esperar a la traducción del *Essay on the Nature and Immutability of Truth*, realizada por Beattie en 1972. Ciertamente, Kant pudo haber leído la *Enquiry concerning human understanding*, traducida en 1754, pero esta obra no trata en profundidad el tema de la causalidad, que tanto impresionó a Kant. No se sabe si Kant leyó el *Treatise of human Nature*, no obstante, la traducción de Beattie incluía muchos y pormenorizados textos sobre la causalidad extraídos de aquél. Estos largos textos, tanto literales como extractados, pudieron bastar a Kant para adentrarse en el problema de la causalidad planteado por el genial escocés. El conocimiento del *Treatise* también pudo venir, o ser complementado por Hammann y por Jacobi, ambos, amigos de Kant y perfectos conocedores de la obra. Lo que está fuera de toda duda es que la admiración hacia Hume llevó a Kant a reconocer, de manera explícita, tanto la influencia de sus planteamientos como la necesidad de superarlos.⁷²

Kant encontró que la causalidad no es el único concepto mediante el cual el entendimiento piensa *a priori* conexiones de cosas, sino que más bien la metafísica consiste enteramente en ello.⁷³ En este punto comienza Kant la deducción de estos conceptos que conectan las cosas sin derivarlos de la experiencia (como había recelado Hume) sino del entendimiento puro. Pero como paso previo debe inquirir sobre la posibilidad de una metafísica.

V.3. Lo peculiar de la metafísica como conocimiento.

En el § 1 se explica que un conocimiento sólo puede presentarse como ciencia si tiene cerrado su “campo categorial”, es decir, si puede determinar con precisión aquello que no comparte con cualquier otro conocimiento. Según Kant, la

⁷¹ Cfr. Torretti, R., *Manuel Kant. Estudio sobre los fundamentos de la filosofía crítica*. Ediciones de la universidad de Chile, Chile, 1967, pp. 135-142.

⁷² Cfr. Rábade Romeo, S., *Hume y el fenomenismo moderno*. En *El Empirismo. David Hume (Obras. Vol. II)*. Edición de Concha Cogolludo, Trotta, Madrid, 2004, pp. 527-536. Según Vleeschauwer “Kant no se colocó nunca bajo la tutela de Hume”. En Vleeschauwer, H.-J. de, *La evolución del pensamiento kantiano*. Traducción de Ricardo Guerra, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF, 1962, p. 10.

⁷³ Cfr. *Proleg.*, 29 (Ak., IV, 260).

decisiva peculiaridad de un conocimiento frente a otros podrá venir de su objeto, de sus fuentes, por el modo de conocer, por varios de estos aspectos o por todos ellos.

Las fuentes del conocimiento metafísico no pueden ser empíricas. Sus principios nunca deben ser tomados de la experiencia. Por tanto, ni la experiencia externa (fuente de la física), ni la experiencia interna (fundamento de la psicología empírica) estarán en la base de este conocimiento. Su conocimiento es *a priori*, o por entendimiento puro y razón pura. En este aspecto no difiere de la matemática.

En el § 2 Kant plantea la investigación clasificando los juicios en dos grupos: analíticos y sintéticos. Los juicios analíticos son aquellos que explicitan una noción que ya tenemos, que no expresan un enriquecimiento de la información con que contamos; Kant los llama por ello “juicios de explicación”, oponiéndolos a los juicios sintéticos o “juicios de ampliación”.⁷⁴ El primer grupo contiene aquellas proposiciones *a priori* más o menos triviales, mientras el segundo se refiere a aquellas proposiciones que realmente enriquecen el caudal de nuestras informaciones. Por eso el propósito de Kant será averiguar si entre estas últimas las hay también que puedan validarse *a priori*. El carácter preciso de los juicios en que ha de expresarse el conocimiento metafísico es el de los juicios *a priori* y a la vez sintéticos. De este modo la investigación sobre la posibilidad y los límites de este conocimiento puede concebirse como una investigación acerca de las condiciones que hacen posibles los juicios sintéticos *a priori*. Esta manera de plantear el tema ya se insinuó en la introducción de la primera edición de la *Crítica de la razón pura* y aparecerá después en la introducción de la segunda edición, pero ahora, en la exposición simplificada de los *Prolegómenos*, constituye su base.⁷⁵

Los juicios analíticos no dicen en el predicado sino lo que ya estaba realmente contenido en el sujeto, aunque no estuviese pensado tan claramente ni con igual conciencia. [...]. [En cambio, el juicio sintético introduce] en el predicado, algo que no estaba pensado realmente en el concepto general de cuerpo; aumenta por tanto mi conocimiento, al agregar algo a mi concepto.⁷⁶

El apartado (b) lleva por título: *El principio común de todos los juicios analíticos es el principio de contradicción*. Como el predicado de los juicios analíticos está pensado previamente en el sujeto, no pueden ser negados sin

⁷⁴ Cfr. *Ibíd.*, § 2, 41 (Ak., IV, 266).

⁷⁵ *Vid.*, supra, pte. IX.2.

⁷⁶ *Ibíd.*, 41 y 43 (Ak., IV, 266).

contradicción. Por eso mismo, todas las proposiciones analíticas son también juicios *a priori*, aunque sus conceptos sean empíricos.⁷⁷ Los juicios sintéticos necesitan otro principio además del principio de contradicción, como expresa el enunciado del apartado (c). Ese otro principio vendrá de la mano de la intuición, ya sea pura o empírica.

El § 3 plantea el problema de Hume de una manera ampliada. Gracias a la división de los juicios en analíticos y sintéticos podemos decir que la ciencia consta de juicios sintéticos *a priori*. Por eso la tarea de la Filosofía crítica será responder a la pregunta acerca de la posibilidad de tales juicios.

V.4. Las ciencias fácticas sintéticas *a priori*.

Kant sigue en la *Crítica de la razón pura* el método sintético, pero en los *Prolegómenos* va a seguir el método analítico. Tal procedimiento requiere apoyarse en algo seguro para ascender hasta las fuentes, las cuales todavía no se conocen. Kant parte de la matemática pura y de la ciencia pura de la naturaleza, ya que aunque no se pueda conceder que la metafísica como tal constituye una ciencia, si se puede admitir que las dos disciplinas de las que parte constituyen un conocimiento puro *a priori* que se da realmente. Por eso toca ahora preguntarse cómo son posibles estos conocimientos que efectivamente se dan y que constan de juicios sintéticos *a priori*.

V.4.1. La matemática pura.

Los §§ 6-13 tratan de la posibilidad de la matemática como ciencia constituida por juicios sintéticos *a priori*. Kant se pregunta acerca de la posibilidad de la razón humana para producir un conocimiento enteramente *a priori*. A la base de tal conocimiento debe haber una intuición pura, la cual debe ser encontrada si queremos fundamentarlo. Por consiguiente, Kant tiene que preguntarse ahora cómo es posible intuir *a priori*. Una representación es intuición en tanto que depende inmediatamente de la presencia del objeto. Por eso parece, en principio, imposible

⁷⁷ *Ibíd.*, 43 (Ak., IV, 267).

intuir *a priori*. Intuir *a priori* es, como diría Heidegger, hablar de un hierro de madera, ya que la intuición tendría que darse sin un objeto al cual referirse y tal cosa no es a lo que Kant llama intuición. Sin embargo, sucede que los conceptos que contienen solamente el pensamiento de un objeto en general pueden ser forjados *a priori* sin relación inmediata con el objeto. Pero incluso para que estos conceptos adquieran sentido tienen que aplicarse a alguna intuición mediante la cual se nos da el objeto al que se refieren.

La intuición *a priori* es una intuición que precede al objeto mismo. ¿Cómo es esto posible? Si nuestra intuición representase a las cosas tal como son en sí mismas, la intuición *a priori* no tendría razón de ser. En tal caso la intuición siempre será empírica; solamente podría tener conocimiento del objeto en sí cuando lo tuviera delante. Ahora bien, hay una manera de salir de este atolladero, a saber, si mi intuición no contiene nada más que la forma de la sensibilidad, que precede, en mi sujeto, a todas las impresiones reales mediante las cuales soy afectado por los objetos”.⁷⁸

Según lo dicho puedo saber tres cosas:

1. Puedo saber *a priori* que los objetos de los sentidos sólo pueden ser intuidos en conformidad con esta forma de la sensibilidad.
2. Las proposiciones que se refieran solamente a esta forma de intuir serán válidas en lo que se refiere a objetos sensibles.
3. Las intuiciones que son posibles *a priori* no pueden referirse a algo que no sea objeto de nuestros sentidos.

Gracias a la forma de la intuición sensible podemos intuir *a priori*. El espacio y el tiempo son las intuiciones que fundamentan los conocimientos de la matemática pura, pues construye todos sus conceptos en la intuición pura. La matemática puede darse como conocimiento sintético *a priori* porque se dirige exclusivamente a los objetos de los sentidos. La matemática no se preocupa de la materia (sensación), sino de la forma (espacio y tiempo). El espacio y el tiempo son las condiciones formales de nuestra sensibilidad. Los objetos son fenómenos, por

⁷⁸ *Ibíd.*, 83 (Ak., IV, 282).

eso su forma (la intuición pura) puede ser representada a partir de nosotros mismos, es decir, *a priori*. La apodicticidad de la matemática no puede deducirse de conceptos, sólo puede venir de la intuición pura. Todo lo que pueda ser dado a nuestros sentidos lo intuimos tal y como se nos aparece o como se nos puede aparecer, nunca en sí mismos.

En el § 13 reaparece la paradoja de las parejas incongruentes, a la cual nos referimos al hablar del texto precrítico de Kant *Sobre el fundamento primero de la diferencia entre las regiones del espacio*, sólo que allí se utilizaba para probar la existencia de un espacio absoluto, mientras que aquí se usa para demostrar que los objetos no son representaciones de las cosas en sí mismas sino de fenómenos.

Antes de pasar a la investigación acerca de la ciencia pura de la naturaleza Kant realiza tres observaciones. La primera trata sobre la realidad empírica del espacio y del tiempo, la segunda sobre su idealidad trascendental, y la tercera refuta las posibles acusaciones de idealismo que se le pudieran hacer a su doctrina.

Veamos las diferencias entre el idealismo empírico y el idealismo trascendental de Kant, y los realismos con los que se emparentan:

Idealismo empírico, material o psicológico: La existencia de los objetos en el espacio fuera de nosotros es dudosa e indemostrable (*idealismo problemático o escéptico*: Descartes) o falsa e imposible (*idealismo dogmático, místico o quimérico*: Berkeley). Compatible con el realismo trascendental.

Realismo trascendental: El espacio y el tiempo existen realmente, negando por tanto la distinción entre fenómeno y *cosa en sí* (Newton y Clarke).

Idealismo trascendental formal o crítico: Los fenómenos son representaciones y no cosas en sí, porque el espacio y el tiempo son formas *a priori* de la sensibilidad. Compatible con el realismo empírico.

Realismo empírico: Las cosas percibidas por los sentidos son reales en tanto que fenómenos.⁷⁹

Además, esta tercera observación limita el alcance de los fenómenos a la experiencia, impidiendo así caer en la ilusión trascendental:

Estos principios míos, lejos de convertir las representaciones de los sentidos, al hacer de ellas fenómenos, en mera apariencia ilusoria en lugar de la verdad de la experiencia, son más bien el único medio de impedir la ilusión trascendental con la cual se ha engañado siempre la metafísica.⁸⁰

V.4.2. La ciencia pura de la naturaleza.

En los §§ 14-39 Kant se ocupa de la ciencia pura de la naturaleza. En esta parte se realiza una deducción trascendental de las categorías sui géneris, ya que se vale de una síntesis pre-categorial para explicarlas. Tal deducción parte de la diferenciación ente juicios de percepción y juicios de experiencia. Esta manera de realizar la deducción, aunque puede servirnos para nuestro actual propósito, no está exenta de problemas; no obstante propondremos una interpretación de la polémica síntesis pre-categorial.

Kant entiende por naturaleza la existencia de las cosas, en tanto que determinada según leyes universales.⁸¹ La naturaleza hace referencia a los fenómenos, no a las *cosas en sí*, de lo contrario no se podría conocer ni *a priori* ni *a posteriori*:

- La naturaleza no podría ser conocida *a priori* porque el entendimiento no se refiere a las cosas mismas.
- La naturaleza no podría ser conocida *a posteriori* porque la experiencia nos enseña lo que existe y cómo existe, pero no que ello deba ser así necesariamente.

⁷⁹ Cuadro tomado de la intr. a la edición abreviada de la *Crítica de la razón pura*, realizada por José García Norro y Rogelio Rovira, Tecnos, Madrid, 2002, p. 61

⁸⁰ *Proleg.*, § 13, observación III, p. 107 (Ak., IV, 292).

⁸¹ *Ibíd.*, § 14, 115 (Ak., IV, 294).

Kant parte de la existencia de una ciencia pura de la naturaleza, en ella se encuentra la matemática aplicada a los fenómenos. Aunque Kant admite que no es por completo una ciencia pura de la naturaleza, se apoya en que tal ciencia posee algunos principios que poseen la universalidad exigida.

La naturaleza puede entenderse en dos sentidos: el formal (*Natura formaliter spectata*) y el material (*Natura materialiter spectata*).⁸² Kant ahora sólo se refiere a la naturaleza en su aspecto material, es decir, como el conjunto de todos los objetos de la experiencia. Lo formal de la naturaleza es la conformidad de todos los objetos de la experiencia a leyes. Para establecer una ciencia pura, la conformidad con las leyes debe conocerse *a priori*. Esto sólo es posible si las condiciones *a priori* de la posibilidad de la experiencia son a la vez las fuentes de las cuales deben ser deducidas todas las leyes universales de la naturaleza.⁸³ Esta expresión no es sino el principio de la determinación esencial originaria del conocimiento humano, es decir, el principio supremo de los juicios sintéticos, que en la *Crítica de la razón pura* es formulada así: las condiciones de *posibilidad de la experiencia* en general constituyen, a la vez, las condiciones de *posibilidad de los objetos de la experiencia* y por ello poseen validez objetiva en un juicio sintético *a priori*.⁸⁴

La deducción trascendental basada en la síntesis pre-categorial.

En el § 18 Kant establece la diferencia entre juicios de percepción y juicios de experiencia.⁸⁵ La única manera de comprender cabalmente la síntesis pre-categorial que se da en los juicios de percepción es la que esbozamos a continuación.

Para comprender la diferencia entre estos dos tipos de juicios conviene tener presente que la pluralidad sensible se enlaza bajo el espacio y el tiempo como formas puras de la intuición en una síntesis sensible. El fenómeno es la sensación sometida a las formas puras del espacio y el tiempo. Mientras que en la síntesis categorial el objeto al cual refiere la intuición es pensado objetivamente. Mediante

⁸² Volveremos a hablar de esta diferencia más tarde, Cfr. inf., 144.

⁸³ *Proleg.*, § 17, 123 (Ak., IV, 297).

⁸⁴ *KrV.*, A 158/B 197. *Vid.*, supra, 114 e inf., 127-128, 131, 134, 155, 290-291, 294, 309, 352 y 343.

⁸⁵ Kant también habla de estos juicios en *Logik*, § 40, 158.

esta segunda síntesis obtenemos conceptos sensibilizados, o si se prefiere intuiciones conceptualizadas.

Los juicios son proposiciones capaces de verdad o falsedad. Aquello que proporciona referencia objetiva a la intuición o al concepto. Los juicios no son meramente intuición más concepto. Los juicios son relaciones entre conceptos. Ahora bien, los juicios de experiencia son la relación de los conceptos (sensibilizados) mediante las categorías. Podemos, pues decir que los conceptos sensibilizados (unidos mediante categorías) son los responsables de los juicios de experiencia. Los juicios empíricos o de percepción son meramente subjetivos, pues su síntesis es previa a la inclusión de las categorías. Los juicios de experiencia son juicios objetivos unidos mediante las categorías. Según esto, en la formación de las representaciones intervienen necesariamente las categorías, pero no así en su relación para el caso de los juicios de percepción. Esto explicaría cómo es posible una materia ya configurada en la sensibilidad antes de la intervención de la espontaneidad, sobre la cual se ejerce la acción sintética de las categorías. Sin esta explicación esta síntesis, anterior a las categorías, no podría ser compatible con la tesis general según la cual la sensibilidad es pasiva, es decir, incapaz de dar configuración a la materia.

Toda representación para poder haber sido enlazada ha requerido de un concepto del entendimiento. El entendimiento (la imaginación como parte suya) enlaza las percepciones (también las del espacio y el tiempo). Pero eso no significa que sea siempre una categoría la que lo enlaza. Todo juicio es ya la referencia de los predicados (concepto) a un objeto. Por eso en un juicio de percepción la representación es enlazada por un concepto, mientras que en un juicio de experiencia la representación es enlazada por un concepto puro o categoría. La representación empírica es enlazada mediante un concepto empírico, dando lugar a la unión subjetiva característica del juicio de percepción. Si un conjunto de representaciones es unificado por una categoría se convierte en objeto, es objetivo. Todo concepto de un objeto es unificado mediante categorías. Un concepto no objetivo (que no sea categoría) unirá meras representaciones subjetivas y no constituirá un objeto en sentido propio. Como dice Juan Miguel Palacios, lo que

explica la validez objetiva de los juicios de experiencia es que el enlace de sus representaciones nace de su relación con el objeto, no con el sujeto.⁸⁶

V.5. Fundamentación de las Ciencias físico-matemáticas: los principios fisiológicos.⁸⁷

Los juicios de experiencia constan de intuiciones empíricas y de categorías. Los principios fisiológicos o principios del entendimiento puro constan de intuiciones puras y de categorías sensibilizadas (juicios sintéticos *a priori*). Los juicios sintéticos *a priori* pueden entenderse como juicios de experiencia máximamente generales (*a priori*), aplicación de los conceptos puros a objetos de la experiencia (objeto de la deducción trascendental de las categorías). De esta manera los juicios sintéticos *a priori* posibilitan los juicios de experiencia..

También hay principios puros que no se derivan de conceptos puros sino de intuiciones puras, son los principios de las matemáticas. Su posibilidad descansa en el entendimiento puro, pero no pertenece a él. Los principios del entendimiento puro son los que posibilitan la validez *a priori* de las matemáticas. Los principios del entendimiento puro van de los conceptos a la intuición. Los principios puros *a priori* de las matemáticas van de la intuición a los conceptos.⁸⁸

La explicación de porqué los juicios sintéticos *a priori* de la matemática se pueden aplicar a los objetos de la naturaleza está clara: porque las formas *a priori* de nuestra sensibilidad (que generan la matemática) son aplicadas por nosotros a los objetos, convirtiéndolos así en fenómenos. Pero en el caso de la ciencia natural se complica. ¿Cómo pueden ser aplicados los juicios sintéticos *a priori* de la ciencia natural (principios del entendimiento) a los objetos? Esta pregunta es más compleja porque estos juicios se componen, además de intuiciones puras, de conceptos. Luego el problema es el de la Carta a Marcus Herz del 21 de febrero de 1772: ¿Cómo es que podemos aplicar conceptos (puros) a los objetos?⁸⁹ La respuesta a esta cuestión es la

⁸⁶ Cfr. Palacios, J. M., *El idealismo trascendental: teoría de la verdad*. Gredos, Madrid, 1979, p. 111.

⁸⁷ En esta parte combinaremos el estudio de los *Prolegómenos* con la *Crítica*.

⁸⁸ Cfr. *KrV.*, A 160/B 199.

⁸⁹ *Vid.*, inf., III.3.1.

deducción trascendental de las categorías, la cual se reproduce parcialmente en cada principio del entendimiento.

En el § 23 Kant dice lo siguiente:

En tanto que se los considera sólo como la condición de la unión, en una conciencia, de representaciones dadas, los juicios son reglas. Estas reglas, en tanto que representan la unión como necesaria, son reglas *a priori*, y en tanto que sobre ellas no hay otras de las cuales sean derivadas son principios. Ahora bien, puesto que, con respecto a la posibilidad de toda experiencia, cuando en ella se considera sólo la forma del pensar, no hay otras condiciones de los juicios de experiencia por encima de aquellas que colocan los fenómenos, según la diferente forma de su intuición, bajo conceptos puros del entendimiento que hacen objetivamente válido el juicio empírico; por tanto, son estas los principios *a priori* de la experiencia posible.⁹⁰

Como nos recuerda Kant en el § 21a, la experiencia no se da en ningún juicio, del nacimiento de la experiencia trata la psicología empírica. Lo que hacen los principios del entendimiento es hacer que la experiencia se pueda conocer (objetivamente). Si Kant habla de la posibilidad de la experiencia se refiere a la posibilidad de la experiencia como conocimiento. A esto se refiere la expresión conocimiento posible (experiencia real y/o posible). Se habla de la posibilidad de la experiencia en tanto que se funda en conceptos puros *a priori* del entendimiento. Por medio de los principios del entendimiento los fenómenos son subsumidos bajo las categorías. Esos principios “constituyen un sistema fisiológico, esto es, un sistema de la naturaleza, el cual precede a todo conocimiento empírico de la naturaleza, lo hace, ante todo, posible, y puede por tanto ser llamado con propiedad la ciencia universal y pura de la naturaleza”.⁹¹

Los principios del entendimiento puro son las reglas de uso objetivo de las categorías:

La tabla de las categorías nos conduce naturalmente a la tabla de los principios, pues éstos no son otra cosa que reglas del empleo objetivo de aquellas.⁹²

La Escuela de Marburgo, con Hermann Cohen a la cabeza, interpreta las pruebas de los diferentes principios como deducciones trascendentales *ad hoc* de las categorías correspondientes, entendiéndose que se da esa justificación de las

⁹⁰ *Proleg.* § 23, 147 (Ak., IV, 306).

⁹¹ *Ibíd.*, 149 (Ak., IV, 306).

⁹² *KrV.*, A 161/B 200; v. t. A 161/B 187 y *Proleg.*, § 39, 187-197 (Ak., IV, 322-326).

categorías una por una, que no proporciona la deducción trascendental como sería de esperar. El problema es que las demostraciones de los principios tendrían que cumplir un requisito que no cumplen. Éstas tendrían que proporcionar la necesidad de que la categoría posea una significación universal, gracias a la cual sea apta para desempeñar la función sintética que se ha probado indispensable para asignar a los fenómenos su lugar en el tiempo. Además tampoco garantiza que no exista otro concepto capaz de cumplir, en la constitución de la experiencia, la misma función. Sin embargo, esta interpretación permitiría prescindir de la compleja deducción trascendental de la *Crítica* y de la polémica deducción trascendental de los *Prolegómenos*. También otorgaría libertad para poder modificar las categorías, eliminando la idea de que ellas representen el patrimonio eterno e invariable de nuestro entendimiento.

En la tabla fisiológica pura, Kant diferencia entre principios dinámicos y principios matemáticos. Los principios matemáticos fundamentan la posibilidad de aplicar las matemáticas a los fenómenos. Determinan la apariencia intuitiva del fenómeno. Los principios dinámicos conciernen a su existencia.

En el § 34 Kant se refiere a dos investigaciones necesarias que aparecen en la *Crítica* pero que no trata en los *Prolegómenos*, a saber, *El esquematismo de los conceptos puros del entendimiento* y *El fundamento de la distinción de todos los objetos en general en Fenómenos y noúmenos*. Nosotros nos referiremos sucintamente a la primera de ellas, dejando para la cuarta parte un análisis más detallado de estas cuestiones.

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 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.⁹³ La categoría pura, es decir, no esquematizada carece de valor cognoscitivo. Las categorías significan lo que dicen sus esquemas. 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 llevará a cabo en la segunda edición de 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.⁹⁴

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: “todo objeto está bajo las unidades necesarias de la unidad sintética de lo múltiple de la intuición en una experiencia posible”.⁹⁵

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 fundamentado.⁹⁶

Como dijimos antes, los principios se dividen en dos grupos: principios matemáticos que determinan las apariencias de los objetos empíricos y principios dinámicos que determinan la existencia de dichos objetos. Pero no nos dejemos

⁹³ Cfr. Montero Moliner, F., *El empirismo kantiano*. Departamento de Historia de la Filosofía, Valencia, 1973, p. 161 y n. 4 sobre Strawson.

⁹⁴ *KrV.*, B 275.

⁹⁵ *Ibíd.*, A 158/B 197.

⁹⁶ Cfr. Heidegger, M., *La pregunta por la cosa*. Traducción de Eduardo García Belsunce y Zoltan Szankay, Alfa Argentina, Buenos Aires, 1975, pte. II, punto 7-h. pp. 210-211.

engañar por sus nombres, son todos metafísicos. La metafísica, como vimos en el prólogo, consiste enteramente en este pensar *a priori* las conexiones de las cosas.⁹⁷

V.5.1. Principios matemáticos.

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.⁹⁸

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.

Axiomas de la intuición.

Sólo en la intuición puede haber principios sintéticos *a priori* inmediatamente ciertos (axiomas). 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. Este principio

⁹⁷ Cfr. supra, 116 nota 73.

⁹⁸ *KrV.*, A 20/B 34.

dice que los fenómenos, en tanto que intuiciones, se dan en el espacio; es decir, son magnitudes extensivas.⁹⁹

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 sepamos *a priori* que los fenómenos son magnitudes extensivas.

Entenderemos, pues, por magnitud extensa, toda magnitud que consta de partes discernibles y cuya representación hace posible la representación del todo. Ahora bien, nunca tendríamos una representación de un fenómeno, pues sus partes son infinitamente divisibles, según demostró el propio Kant. La solución viene de la mano nuevamente de Kant, dice que no es necesario para representarse una magnitud extensa captar primero sus partes, siempre que nos resignemos a representárnosla indeterminadamente:

Cuando una magnitud indeterminada está encerrada entre límites, podemos intuirlo como un todo, sin necesidad de construir la totalidad de la misma por medición, esto es, por la síntesis sucesiva de sus partes; pues los límites determinan ya la integridad, al recortar todo lo demás.¹⁰⁰

Una magnitud intensiva será aquella que sólo puede representarse determinadamente, es decir, medirse, mediante la síntesis de sus partes. Pero la representación de las partes no es determinada, eso sería un proceso *ad infinitum*.

La medición de magnitudes extensas se ciñe a esa condición. La recomposición del todo tiene que hacerse por adición sucesiva de una parte suya que se toma como unidad. Pero esta parte no es medida a su vez, sino que se la acepta

⁹⁹ Cfr. *Ibíd.*, A 162/B 202.

¹⁰⁰ *Ibíd.*, A 427 n-428 n/B 455 n-456 n.

como una magnitud indeterminada encerrada entre límites, que se usa para determinar, con relación a ella, a las demás.

Anticipaciones de la percepción.

Las anticipaciones de la percepción 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.¹⁰¹

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.¹⁰² 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 extensión en definitiva. Mientras que la magnitud intensiva es la *quantitas* de una *qualitas*, como por ejemplo 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 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.¹⁰³

Las magnitudes extensivas se diferencian de las magnitudes intensivas

¹⁰¹ Cfr. *Ibíd.*, A 166/B 207.

¹⁰² Cfr. *Ibíd.*, A 320/B 376.

¹⁰³ Leibniz ya se refiere a esta posibilidad. Cfr. Leibniz, G. W., *De modo distinguendi phaenomena realia ab imaginariis*. Gerhardt Phil., VII, pp. 319-322. Vid., inf., pte. XI,2.1.

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. Como decíamos al comienzo, la progresiva matematización de la naturaleza consistirá en ir relacionando las cualidades sensibles específicas (plétoras) con sus formas matematizables.¹⁰⁴

Es curioso cómo 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.

¹⁰⁴ *Vid.*, supra, 17 notas 7, 8 y 9.

V.5.2. Principios dinámicos.

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.¹⁰⁵

Este segundo grupo de principios o principios dinámicos se divide en: “Analogías de la experiencia” y “Postulados del pensamiento empírico”.

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 se debe a que 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 se den tres analogías: permanencia de la sustancia, principio de causalidad y comunidad o acción recíproca. Estos principios serán vistos más tarde con mayor detenimiento.

¹⁰⁵ *KrV.*, A 664/B 692.

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.¹⁰⁶ Son postulados porque se necesitan para ver cómo se relaciona el objeto con la facultad humana de conocer. Son principios subjetivamente sintéticos. En ellos se habla de los modos de ser del objeto, es decir, de sus posibles modos de existencia. Según 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 objeto, 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.¹⁰⁷

El principio de la realidad fáctica, efectiva (existencia) dice:

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.¹⁰⁸

El principio de la necesidad dice:

Aquello cuya conexión con lo real está determinada según conexiones universales de la experiencia es (existe) necesariamente.¹⁰⁹

Vemos, pues, que un objeto es posible si cumple las condiciones de la experiencia.¹¹⁰ Un objeto existe si además de cumplir estas condiciones podemos percibirlo bien inmediatamente, bien mediatamente a través de su conexión con

¹⁰⁶ Cfr. Aristóteles *Analíticos posteriores*, I, 10, 76 b 30; v. a. Cfr. Kant, E., *Logik*. § 38, 158.

¹⁰⁷ *KrV.*, A 218/B 265.

¹⁰⁸ *Ibíd.*, A 218/B 266.

¹⁰⁹ *Ibíd.*, A 218/B 266.

¹¹⁰ El postulado de la posibilidad es, por tanto, un criterio material u objetivo de la verdad de los juicios de experiencia. Cfr. Palacios, J. M., *Op. cit.* 130.

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. Se trata, de una *necesidad hipotética o condicionada*, “todo cuanto sucede es hipotéticamente necesario”,¹¹¹ 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 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 cuatro¹¹² 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”.¹¹³
3. *In mundo non datur casus* (Nada sucede por ciego azar): Consecuencia del principio de causalidad.

¹¹¹ *KrV.*, A 228/B 280.

¹¹² Cfr. *Ibíd.*, A 228-229/B 280-281. V. t. Julián Carvajal Cerdón, *El problema de las categorías y la ontología Crítica en Kant*, Edit. de la Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1985, pp. 677-678.

¹¹³ *KrV.*, A 229/B 281.

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.

V.5.3. 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”. Las analogías son el fundamento ontológico de las leyes de la mecánica newtoniana, de ahí nuestro especial interés por ellas.

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 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.

Principio de inherencia o de permanencia de la sustancia.

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.¹¹⁴

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. Las alteraciones indican la presencia de fuerzas, por eso los principios concernientes a la existencia de los objetos se denominan dinámicos.

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 permanente, mientras que el tiempo fluye.¹¹⁵

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 piensa así, no era partidario del atomismo. Kant piensa la sustancia como un continuo material que llena todo el espacio. La gran variedad de fenómenos se explica 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 llama *densidad* (ρ).¹¹⁶ La densidad se puede definir como una función del espacio. El valor de la integral de volumen (v) de esta función tiene que ser constante y, en la terminología newtoniana, se llama masa (M).¹¹⁷

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

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

¹¹⁴ *Ibíd.*, A 182/B 224.

¹¹⁵ *Ibíd.*, B 291.

¹¹⁶ Cfr. *MANW.*, 85 (Ak., IV, 524, 40-525,7).

¹¹⁷ Cfr. Torretti, R., *Op. cit.*, 449.

distribución en el espacio. La intensidad (i) en un espacio determinado es la densidad ($\rho = M/v$; $M/v = i$; $\rho = i$ 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 su 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. En este sentido, la masa puede ser entendida como resistencia al cambio. Todo movimiento o cambio de posición es una relación entre el espacio y el tiempo. La relación entre el espacio y el tiempo es la velocidad, todo movimiento tiene, pues, una velocidad. La velocidad que varía con el tiempo posee además una aceleración. Un cuerpo que ve variado su estado de reposo o de movimiento se ve sometido a una aceleración, ya sea tangencial (lineal) o normal (angular). El producto de la masa por la aceleración se llama fuerza. Por tanto, la fuerza es directamente proporcional al producto de la masa por la aceleración; a mayor masa mayor fuerza habrá que ejercer: $F = ma$, como dice la segunda ley del movimiento de Newton, que veremos enseguida con más detalle. Cuando una fuerza desplaza a un cuerpo se dice que ha realizado un trabajo. Dado que la energía mide la capacidad de los cuerpos para realizar un trabajo, el trabajo realizado por una fuerza que actúa sobre un cuerpo se invierte en modificar su energía. Un cuerpo en reposo no tiene energía cinética, aunque tiene energía potencial si posee alguna altura respecto del punto de atracción, un cuerpo en movimiento posee ambos tipos de energía. 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.

De momento enunciaremos el principio de conservación de la energía tal como Kant lo expresó al aplicarlo al caso de la sustancia material.¹¹⁸ Posteriormente, cuando tratemos de los *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*, veremos cómo llega Kant a enunciar estas leyes:

En todas las modificaciones de la materia corporal permanece constante la cantidad de materia en el conjunto, sin que aumente o disminuya.¹¹⁹

Principio de causalidad.

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.¹²⁰

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.¹²¹ 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. 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

¹¹⁸ Nótese que ahora no se habla de la sustancia en general, la cual fue tratada en la *Crítica*.

¹¹⁹ *MANW.*, 110 (Ak., IV, 541).

¹²⁰ *KrV.*, A 189/B 232.

¹²¹ Cfr. García Morente, M., *La filosofía de Kant*. Espasa-Calpe, Madrid, 1975, p. 101 y *KrV.*, A 189/B 232.

acaeece 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 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*.¹²² 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. Así entendido este principio vemos que la ley de inercia o primera ley del movimiento ($V = k$) se deriva de él como un supuesto necesario.

El principio de inercia dice así:

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.¹²³

Esta ley es un corolario de la segunda: $F = ma$. Si $F = 0 \rightarrow a = 0 \rightarrow V = \text{cte}$.

Sin embargo 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: $F = ma$ (“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”).¹²⁴

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, acelerar o enfrenar por sí

¹²² Cfr. con el enunciado del principio en la primera edición de la *Crítica*, A 189.

¹²³ *Principia*, Ed. cit., vol. 1, 135. Es interesante ver la evolución de este principio desde la teoría de la antiperístasis aristotélica, pasando por la teoría del *impetus* medieval. En este sentido se puede decir que la historia del principio de inercia es la historia de la física.

¹²⁴ *Ibíd.*, 136.

misma. El cambio de un estado de reposo o de un movimiento rectilíneo uniforme a un estado acelerado tiene una causa directamente proporcional a dicho cambio.

De esta manera vemos que el principio de causalidad o principio de la producción fundamenta las dos primeras leyes del movimiento de la Mecánica clásica. Kant, por su parte, hace de éste su segunda ley de la mecánica al aplicarlo al caso de la sustancia material y lo enuncia como sigue:

Todo cambio en la materia tiene una causa externa (todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento, conservando la misma dirección y la misma velocidad cuando una causa externa no le obligue a abandonar ese estado).¹²⁵

Principio de interacción.

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:

Todas las sustancias, en la medida en que pueden ser percibidas en el espacio como simultáneas, están en universal acción recíproca.¹²⁶

Kant define la categoría de comunidad como “la causalidad de sustancias que se determinan recíprocamente”.¹²⁷

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 “*symplokē*” 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 los objetos.

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

En toda comunicación de movimiento la acción es siempre igual a la reacción.¹²⁸

¹²⁵ MANW., 113 (Ak., IV, 543).

¹²⁶ KrV., A 211/B 256.

¹²⁷ Ibíd., B 111.

¹²⁸ MANW., 115 (Ak., IV, 544).

La correspondencia con la tercera ley del movimiento 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.¹²⁹

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*).¹³⁰ Esto tiene como consecuencia que el espacio vacío no puede conocerse:

No pretendo con esto rebatir el espacio vacío, ya que este 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.¹³¹

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 el Universo no sea más que 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.

Los posteriores avances de la física no permiten la existencia de la acción instantánea a distancia. En la Teoría de la relatividad no pueden darse velocidades

¹²⁹ *Principia*, Ed. cit., vol. 1, 136.

¹³⁰ Cfr. Carvajal Cordón, J., *Op. cit.*, 637.

¹³¹ *KrV.*, A 214/B 261.

mayores que la de la luz.¹³² Sin embargo, en Mecánica cuántica existe el principio de no-localidad. Según este principio se da acción simultánea a distancia, si bien ésta es una propiedad exclusiva de los objetos subatómicos.

¹³² $c = 299.792,5 \pm 0,3 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$

VI. Fundamentación metafísica de la Mecánica newtoniana.

VI.1. Sentido de una Metafísica de la Naturaleza. VI.2. Categorías metafísicas de la Ciencia Natural. VI.2.1. Categorías de la cantidad: Foronomía. VI.2.2. Categorías de la cualidad: Dinámica. VI.2.3. Categorías de la relación: Mecánica. Primera ley de la mecánica (segundo teorema). Segunda ley de la mecánica (tercer teorema). Tercera ley de la mecánica (cuarto teorema). VI.2.4. Categorías de la modalidad: Fenomenología. VI.3. Las leyes de Newton en relación con los principios del entendimiento puro y con los principios metafísicos de la ciencia natural de Kant.

VI.1. Sentido de una Metafísica de la Naturaleza.

El propósito de los *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* es el que Kant andaba persiguiendo desde que comenzó la *Crítica de la razón pura* o incluso antes, es decir, fundamentar la física de Newton, dotarla de universalidad y necesidad. Acabamos de enunciar, al hilo de las analogías de la experiencia, las leyes de la mecánica elaborada por Kant. En esta parte veremos cómo llega Kant a ellas, es decir, cómo pasa de la fundamentación ontológica de los principios del entendimiento puro a la fundamentación metafísica de la ciencia de la naturaleza.

Ya en el § 36 de *Prolegómenos* había distinguido Kant entre la *Natura formaliter spectata* y la *Natura materialiter spectata*. Ahora encontramos esta misma distinción en el prólogo a los *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*. La división tiene como objeto poner en claro qué se entiende por *Ciencia de la naturaleza*. La *Natura formaliter spectata* “significa el primer principio de todo aquello que forma parte de una cosa”.¹³³ “Es posible sólo gracias a la índole de nuestro entendimiento, según la cual todas aquellas representaciones de la sensibilidad son referidas necesariamente a una conciencia, índole mediante la cual es ante todo posible la manera propia de nuestro pensar, a saber, el pensar por reglas, y mediante éstas es posible la experiencia, la cual ha de ser distinguida completamente del conocimiento de objetos en sí mismos”.¹³⁴

Las reglas que hacen que podamos tener un conocimiento de la experiencia (o más propiamente, que la experiencia sea conocimiento) son los principios del entendimiento¹³⁵ expuestos en la *Analítica de los principios*¹³⁶ de la *Crítica de la razón pura*. Los conceptos del entendimiento o conceptos fisiológicos según se denominan en los *Prolegómenos* representan las condiciones *a priori* que hacen posible el objeto en general. Como dice Kant, “tratar de las leyes que, de una manera general, hacen posible el concepto de una naturaleza, tal es la *parte trascendental de la metafísica de la naturaleza*”.¹³⁷ La *Natura materialiter spectata* hace referencia “al conjunto de todas las cosas en tanto que pueden ser *objetos de*

¹³³ MANW., 3 (Ak., IV, 465). Cfr. supra, pte. V.4.2.

¹³⁴ *Proleg.*, § 36, 179 (Ak., IV, 318).

¹³⁵ Cfr. *KrV.*, A 157/B 196.

¹³⁶ *Vid.*, supra, pte. V.5. e inf., cap. XI.

¹³⁷ MANW., 6 (Ak., IV, 469).

nuestros sentidos y, por tanto, también objetos de experiencia; queda comprendida así, bajo esta palabra, la totalidad de todos los fenómenos, es decir, el mundo de los sentidos, excluyéndose todos los objetos no sensibles”.¹³⁸ Y es posible “por la índole de nuestra sensibilidad, índole según la cual ella es impresionada, de la manera que le es propia, por objetos que le son en sí mismos desconocidos y que son enteramente diferentes de aquellos fenómenos”.¹³⁹

Como nuestra sensibilidad se divide en externa e interna, así la naturaleza se referirá a los objetos de los sentidos externos o al objeto del sentido interno. La teoría de la naturaleza se dividirá, pues, en dos partes. Si tomamos en consideración la naturaleza extensa se denominará *teoría de los cuerpos*, y si consideramos la naturaleza pensante dará lugar a la *teoría del alma*. La teoría de los cuerpos, en tanto que contiene los hechos sistemáticamente ordenados de la naturaleza es una *teoría histórica* de la naturaleza.¹⁴⁰ Esta teoría forma un *sistema* cuyos principios son el fundamento de un enlace empírico. Si el fundamento del enlace, cuyos principios forman el sistema, es racional, tenemos la *teoría racional* de la naturaleza, la cual se puede denominar ya *Ciencia de la naturaleza*. Ahora bien, esta expresión se usa impropriamente cuando trata su objeto según leyes de la experiencia; en cuyo caso sería mejor denominarlo arte sistemático y no ciencia a fin de diferenciarlo, ya que se trata de un conocimiento racional aplicado. Como ejemplo de este “arte sistemático” Kant propone la Química.¹⁴¹ La ciencia de la naturaleza propiamente dicha es aquella que trata su objeto según leyes *a priori*,¹⁴² es, por consiguiente, un conocimiento puro y no un mero conocimiento aplicado.

La *Ciencia de la naturaleza* no se ocupa de las condiciones *a priori* que hacen posible el objeto en general, sino que se ocupa de la naturaleza particular de los dos géneros de objetos de nuestros sentidos, es decir, de aquello que es dado en un concepto empírico,¹⁴³ a saber, la materia (física)¹⁴⁴ y el pensamiento (psicología).

¹³⁸ *Ibíd.*, 3. (Ak., IV, 465).

¹³⁹ *Proleg.*, § 36, 179 (Ak., IV, 318). V. t. supra, 121.

¹⁴⁰ Cfr. *MANW.*, 4 (Ak., IV, 466).

¹⁴¹ Cfr. *l. c.*

¹⁴² Preferimos llamarlas leyes aunque Kant en ocasiones las denomine principios para diferenciarlas así de los principios del entendimiento puro.

¹⁴³ Cfr. *KrV.*, A 720/B 748. *Vid.*, inf., 154 nota 170.

¹⁴⁴ La materia en sentido físico, a la que se refiere Kant en esta obra, es en realidad la masa. En física el concepto de materia es impreciso, a no ser que se identifique a ésta directamente con la masa. Tanto

Por eso la *Ciencia de la naturaleza* requiere una metafísica:

Una ciencia de la naturaleza que propiamente hablando, se denomine así, presupone una metafísica de la naturaleza, ya que las leyes, es decir, los principios de la necesidad de aquello que pertenece a la *existencia* de una cosa, se relacionan con un concepto que no se puede construir, porque la existencia no se puede representar en ninguna intuición *a priori*.¹⁴⁵

La materia es un fenómeno objetivo, su concepto es empírico, pero mediante su percepción empírica podemos precisar las condiciones *a priori* que hacen posible su concepto.¹⁴⁶ Por consiguiente, la *Ciencia de la naturaleza* que se ocupa de una naturaleza particular, tiene a su base un concepto empírico “aunque sin emplear, fuera de lo que se halla en este concepto, ningún otro principio empírico para el conocimiento de estas cosas (por ejemplo, ella toma por base el concepto empírico de una materia o de una esencia pensante y busca el dominio del conocimiento, en el que la razón ejerce poder *a priori*, sobre estos objetos)”.¹⁴⁷ De esta manera presuponemos el concepto de materia *a priori* (materia en general).¹⁴⁸ Además “a los *conceptos* necesarios que de las cosas materiales nos podemos formar, deberá acompañar la *intuición*, también necesaria, correspondiente al concepto. Tales conceptos deberán poder ser construidos, es decir, determinados matemáticamente”.¹⁴⁹

Como se dijo en la *Estética trascendental* el puro conocimiento racional “que sólo funda su conocimiento sobre la *construcción* de conceptos, presentando el objeto de una intuición *a priori*, se denomina *matemático*”.¹⁵⁰

Kant como Newton confunden ambos conceptos, de hecho, fue a raíz de la obra de Newton por la que la física moderna comenzó a prescindir del concepto de materia, al no poder ésta ser medida. La segunda ley de Newton de la mecánica toma a la masa como una constante de proporcionalidad característica de cada cuerpo (masa inercial). La masa que aparece en la ley de la gravitación universal newtoniana también es una constante característica de los cuerpos (masa gravitatoria). La tesis que defiende Kant en esta obra sería, pues, que ambas masas, inercial y gravitatoria, pese a ser conceptos empíricos, responden a propiedades *a priori*, las cuales permiten establecer los principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza.

¹⁴⁵ MANW., 6 (Ak., IV, 469).

¹⁴⁶ El motivo de que Kant se refiera sólo a la materia dejando a un lado el pensamiento será aclarado un poco más adelante.

¹⁴⁷ MANW., Traducción de Carlos Másmela, Alianza, Madrid, 1989, p. 30. (Ak., IV, 469).

¹⁴⁸ Si Kant hubiera diferenciado entre materia y masa podía haber dado al concepto de materia el sentido de materia en general o materia *a priori*, es decir, haber utilizado el término materia como concepto metafísico de la masa, manteniendo el término de sustancia como concepto ontológico.

¹⁴⁹ *Ibíd.*, *Estudio preliminar*, p. XVIII.

¹⁵⁰ *Ibíd.*, 6. (Ak., IV, 468)

Tenemos, pues, una *metafísica de la naturaleza* corporal (física) y de la naturaleza pensante (psicología), según se refiera a uno u otro género de objetos de nuestros sentidos:

Pues bien, yo sostengo que en toda teoría particular de la naturaleza sólo hay ciencia *propriadamente dicha* en tanto que se encuentren en ella *matemáticas*; por tanto, según lo que precede, una ciencia propriadamente dicha de la naturaleza en concreto, exige una parte pura sobre la que se funda la parte empírica y que descansa sobre el conocimiento *a priori* de las cosas de la naturaleza. [...]. En consecuencia, una pura filosofía de la naturaleza en general, es decir, aquella que sólo considera lo que constituye el concepto de una naturaleza de una manera general, es posible, en rigor, sin la matemática; pero una pura teoría de la naturaleza acerca de las cosas determinadas de la naturaleza (teoría de los cuerpos y teoría del alma) únicamente es posible por medio de la matemática.¹⁵¹

Par Kant la psicología no es una ciencia natural propriadamente dicha porque no es susceptible de que a ella se apliquen las matemáticas:¹⁵²

Esta psicología, pues, jamás podrá ser otra cosa que una teoría natural histórica del sentido interno y, como tal, tan sistemática como sea posible, es decir, una descripción natural del alma, pero no una ciencia del alma, ni tampoco una teoría psicológica experimental.¹⁵³

Así pues, la cuestión que quiere dilucidar Kant es la de la aplicación de la matemática a la física. El espacio que tematiza la matemática no es igual que el de los espacios empíricos. Hacer compatibles ambos espacios es el cometido primordial de esta obra. La ciencia newtoniana parecía ser una feliz coincidencia entre el espíritu y la materia, garantizada por un ser omnipotente. La aplicación de la matemática al mundo real, expuesta por Newton en los *Principios matemáticos de la filosofía natural*, requería una fundamentación filosófica.

Para que las representaciones de los sentidos se transformen en un dato que nos proporcione conocimiento, deben ser enlazadas mediante el entendimiento según las categorías. Las categorías proveen de objetividad al concepto empírico re-constituyéndolo así *a priori*. Tal re-constitución consiste propriadamente en la “*construcción* de conceptos que se relacionen, de manera general, con la posibilidad de la materia: en consecuencia, habrá que tomar como fundamento un análisis completo del concepto de materia en general; es esta una tarea de la filosofía pura que no utiliza para este fin ninguna experiencia particular, sino únicamente lo que se

¹⁵¹ *Ibíd.*, 7 (Ak., IV, 470).

¹⁵² Ahora se explica porqué Kant tan sólo se refiere a la materia y no así al alma o pensamiento. *Vid.*, p. anterior, nota 146.

¹⁵³ *MANW.*, 8-9 (Ak., IV, 471).

encuentra en el concepto tomado aisladamente (aunque sea empírico), con relación a las intuiciones puras en el tiempo y en el espacio (según las leyes que, de una manera general, ya están ligadas, esencialmente, al concepto de naturaleza)".¹⁵⁴

Kant parte del concepto de materia, que es empírico, pero el cual es reconstruido *a priori* al aplicarle las categorías. Mediante las categorías "deben poder obtenerse todas las determinaciones del concepto universal de una materia en general, por tanto todo lo que se pueda pensar *a priori*, todo lo que pueda ser representado en la construcción matemática o que pueda ser dado en la experiencia como objeto determinado".¹⁵⁵

Ahora bien, los objetos sólo son percibidos en virtud del movimiento¹⁵⁶ por lo que la materia será considerada, según dicha determinación fundamental como materia móvil. Así pues, en la foronomía la materia móvil será considerada como una cantidad pura, en la dinámica como una cualidad, en la mecánica como un sistema de relaciones y en la fenomenología como un modo de existencia. Con ello quedarán expuestos los principios metafísicos de la Ciencia de la naturaleza.

Antes de concluir este apartado debemos hacer referencia a una amplia nota que incluye Kant en este prólogo. Dicha nota va dirigida contra la reseña del profesor Ulrich. Se dice en la reseña que el fundamento de la *Crítica* descansa en la deducción trascendental, la cual es poco clara y circular. Kant responde que lo realmente importante no es la deducción trascendental, sino la determinación de los límites de la razón pura; lo cual queda fundamentado si demostramos que todo el empleo de la razón pura nunca puede referirse a otra cosa que a los objetos de la experiencia, y como nada empírico puede servir de condición a los principios *a priori*, éstos solamente pueden ser principios de la posibilidad de la experiencia en general. El problema de esta respuesta viene de que emplea un argumento *ad hominem*, es decir, sólo para las personas que acepten varias de las doctrinas de Kant, y tales doctrinas requieren de la deducción trascendental.

¹⁵⁴ *Ibíd.*, 9 (Ak., IV, 472).

¹⁵⁵ *Ibíd.*, 12-13 (Ak., IV, 475).

¹⁵⁶ Lo cual se constata en que todo conocimiento es operatorio.

VI.2. Categorías metafísicas de la Ciencia Natural.

VI.2.1. Categorías de la cantidad: Foronomía.

Como Kant quiere investigar la determinación fundamental de la materia móvil prescinde del móvil como tal y lo considera un punto. La materia es definida atendiendo sólo a su movilidad, prescindiendo de cualquier otra consideración. Por eso en foronomía el movimiento se entiende como cambio de lugar, ya que un punto no puede rotar. El movimiento así considerado se toma como un *quantum* que se da en el espacio. El marco del espacio y el tiempo es aquel en el que el movimiento es matematizable, por eso la foronomía es el supuesto formal que posibilita la composición de los movimientos de los cuerpos en el espacio. Los cuerpos se mueven en espacios relativos, estos espacios a su vez se tendrían que mover en un espacio absoluto. El espacio vacío sería así una idea límite, pero como la idea de un espacio vacío es inadmisibles Kant propone el espacio absoluto *a priori*. A veces se tiende a confundir la foronomía con la cinemática, ciertamente ambas nociones estudian el movimiento prescindiendo de las fuerzas que lo producen, sin embargo no son exactamente lo mismo puesto que la foronomía es el supuesto trascendental que hace posible a la cinemática.

De esta manera también quedaría fundamentado *a priori* un principio básico de la Física clásica como es el principio de relatividad de Galileo. En foronomía no sabemos si el movimiento es debido al punto móvil o si es el espacio que lo envuelve el que se mueve en sentido contrario. Por ello Kant entiende por cosas tanto a los cuerpos como a los espacios empíricos.

VI.2.2. Categorías de la cualidad: Dinámica.

Trata del móvil en tanto que ocupa un espacio en virtud de unas fuerzas fundamentales (fuerza expansiva y fuerza atractiva). En el estudio de estas fuerzas el móvil es considerado en reposo, pero si la materia se percibe por su movimiento ¿en qué consiste el reposo? El reposo se considera un movimiento infinitesimal que es percibido como nulo. Gracias a este movimiento infinitesimal es posible aplicar la matemática a la realidad percibida.

La fuerza expansiva es una propiedad esencial de la materia que hace que los cuerpos sean impenetrables. La impenetrabilidad absoluta no se puede percibir, es una “cualidad oculta”, una idea, el límite fenoménico de la impenetrabilidad física. Por eso se trata de propiedades esenciales de la materia o fuerzas fundamentales, puesto que no siendo experimentables son necesarias para explicar la materia.

La materia como elemento móvil en el espacio es la sustancia. La materia es divisible *in infinitum* en partes que a su vez son también materiales. Esto plantea el problema de la infinita divisibilidad de la materia, pero Kant encuentra una solución. Acaso en el dominio de las *cosas en sí* lo compuesto esté constituido por lo simple (mónadas), pero en el mundo fenoménico la materia es un fenómeno de nuestros sentidos externos, siendo el espacio su forma esencial.

Si sólo existiese la fuerza expansiva la materia, infinitamente divisible, se expandiría infinitamente, por lo que se requiere otra fuerza fundamental: la fuerza atractiva. La fuerza atractiva es también una fuerza fundamental, es decir otra fuerza primitiva que no puede ser derivada de ninguna otra y que se da a distancia.

La fuerza tiene un grado determinado, es una magnitud intensiva, por eso la dinámica trata de la cualidad esencial de la materia y aplica a ella sus categorías.

Kant presupone estas ideas para remitir a la materia misma como causa del movimiento y no a Dios. Sustituye una metafísica dogmática, como era la metafísica mecanicista, por una metafísica crítica de la naturaleza que establece las condiciones que hacen posible la construcción de conceptos compatibles con la experiencia posible, es decir, con lo que podemos conocer de los objetos que se dan en la experiencia. La metafísica de la naturaleza de Kant nos permite considerar al espacio *como si* fuera absoluto, al reposo y al movimiento *como si* fueran absolutos, y a los cuerpos *como si* fueran totalmente impenetrables e infinitamente divisibles. Newton pudo aplicar la matemática a la física porque los supuestos metafísicos que constituyen la materia móvil suponen una infinita aproximación (y por tanto imperceptible) al mundo físico.

La clave, pues, de la aplicación de la matemática al mundo físico es la aproximación infinitesimal¹⁵⁷ del fenómeno a la idea. Tal aproximación dependerá del grado de perfección de los instrumentos de medición en un momento histórico determinado, ya que tales utensilios amplían nuestra capacidad de percepción. Esta es la clave de la física y, en general, de toda aproximación de la matemática al mundo fenoménico:

Es muy importante observar, como ya lo hiciera Cassirer, que Kant tiene una concepción genética de la ciencia, como la tenía de la historia, la naturaleza y la moral jurídica. Por eso sería una mala interpretación considerar los *Principios metafísicos* como un mero intento de fundamentación de la Física de su tiempo.¹⁵⁸

VI.2.3. Categorías de la relación: Mecánica.

El móvil posee una fuerza motriz que mueve a otros cuerpos materiales. Un cuerpo al desplazarse tiene que mover todos sus componentes. Su movimiento será, pues, el producto de la velocidad por la cantidad de materia o masa que tenga el móvil. La velocidad es determinada matemáticamente según principios foronómicos, pero la cantidad de materia será deducida en esta parte.

Si la materia es divisible *in infinitum*, como pretendían los atomistas, no puede ser cuantificada por el número de sus partes. Tampoco puede hacerse atendiendo a su volumen puesto que no todos los cuerpos son iguales. Hay que encontrar una magnitud válida para poder cuantificar los movimientos mecánicos de los cuerpos. Por eso Kant considera que los componentes del móvil están reunidos en un todo corpóreo que integra todos los grados menores de velocidad de dichos componentes. Así, la resultante de todos los elementos móviles que componen un cuerpo, nos ofrecerá una magnitud válida llamada *cantidad de movimiento*. Esto permitirá a Kant enunciar su primer teorema:

La cantidad de materia, comparada con cualquier otra, únicamente se puede evaluar por medio de la cantidad de movimiento a una velocidad dada.¹⁵⁹

La cantidad de movimiento es proporcional a la cantidad de materia en todos los cuerpos dotados de igual velocidad. Kant consigue, de esta manera, que el

¹⁵⁷ Grado que puede ser considerado siempre como inferior a otro que nos brinde la experiencia.

¹⁵⁸ *Ibíd.*, *Estudio preliminar*, p. XXXVIII.

¹⁵⁹ *Ibíd.*, 105. (Ak., IV, 537).

fundamento de las cualidades de los cuerpos no dependa ni de mónadas, ni de átomos puestos en movimiento por la acción divina. La cantidad de movimiento depende de las propiedades materiales mismas y de su cuantificación.

Las mutuas relaciones entre los cuerpos móviles vienen causadas por sus fuerzas fundamentales, es decir, por su fuerza de atracción y de repulsión. Como entre los cuerpos existe una fuerza de repulsión éstos podrían aproximarse indefinidamente pero sin llegar a tener un contacto físico absoluto. Tal acercamiento podrá ser tan próximo como sea posible en cada caso, pudiéndose llegar a despreciar la distancia que separa a dos sólidos si no es posible percibirla.

Primera ley de la mecánica (segundo teorema).

La primera ley de la mecánica dice así:

En todas las modificaciones de la materia corporal permanece constante la cantidad de materia en el conjunto, sin que aumente o disminuya.¹⁶⁰

Kant llama densidad al grado en que está lleno un espacio de volumen determinado.¹⁶¹ La sustancia material dada en un espacio determinado equivale al sumatorio de sus partes, dotadas éstas de diferentes densidades. La integral de todas estas densidades en el espacio constituye la cantidad de materia existente. Dicha integral tiene un valor constante, siendo ésta una condición necesaria para que las otras dos leyes de la mecánica puedan servir para cuantificar la materia móvil del Universo.¹⁶²

Segunda ley de la mecánica (tercer teorema).

La segunda ley de la mecánica dice que:

Todo cambio en la materia tiene una causa externa (todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento, conservando la misma dirección y la misma velocidad cuando una causa externa no le obligue a abandonar ese estado).¹⁶³

Como la cantidad de movimiento de un cuerpo viene dada por la resultante de

¹⁶⁰ *Ibíd.*, 110 (Ak., IV, 541).

¹⁶¹ *Ibíd.*, 86 (Ak., IV, 525).

¹⁶² *Vid.*, *supra*, 136-137.

¹⁶³ *Ibíd.*, 113 (Ak., IV, 543).

sus componentes móviles su movimiento será constante, y por lo mismo, su trayectoria será la resultante de su composición de fuerzas según principios foronómicos. La causa que modifique su estado de reposo,¹⁶⁴ o de movimiento rectilíneo y uniforme, sólo puede ser una causa externa ejercida en virtud de las fuerzas fundamentales de la materia. La materia, a diferencia de los seres vivos, carece de un principio interno que le permita modificar por sí misma su estado.

Tercera ley de la mecánica (cuarto teorema).

La tercera ley de la mecánica se enuncia como sigue:

En toda comunicación de movimiento la acción es siempre igual a la reacción.¹⁶⁵

Esta ley era considerada por los físicos como una ley empírica. Para deducirla *a priori* Kant plantea la cuestión en términos foronómicos. Para ello toma un cuerpo A que se percibe con movimiento rectilíneo uniforme y un cuerpo B que se percibe en reposo. Sin embargo, ambos cuerpos se encuentran en espacios relativos diferentes, teniendo la misma velocidad respecto del espacio absoluto. Si ambos cuerpos se encontraran en el espacio absoluto deberían permanecer, según la ley, en equilibrio dinámico tras el choque.¹⁶⁶ Pero los cuerpos, decíamos, no están en el mismo espacio, por lo que al chocar se produce la apariencia del desplazamiento en el espacio relativo del cuerpo que parecía en reposo, es decir, del espacio que se encuentra en movimiento.¹⁶⁷ De esta forma la ley es válida y da cuenta de la relación que se establece entre masas y velocidades en la mecánica de Newton.

VI.2.4. Categorías de la modalidad: Fenomenología.

Cuando el móvil es pensado como determinado por su relación con el predicado del movimiento deviene objeto de experiencia. Se trata, pues, de la transformación del fenómeno en experiencia. Sus teoremas son el resultado de

¹⁶⁴ Reposo relativo, claro está, ya que el reposo absoluto no es una cualidad de la materia debido a que ésta es esencialmente móvil.

¹⁶⁵ *Ibíd.*, 115 (Ak., IV, 544).

¹⁶⁶ Sobre el choque de cuerpos ya dijimos que era una aproximación máxima de dos cuerpos sin que exista contacto absoluto.

¹⁶⁷ Por eso se genera la ilusión de que el cuerpo B está en reposo.

aplicar las categorías de la modalidad a los tipos de movimiento considerados en la foronomía, la dinámica y la mecánica respectivamente.

El primer teorema de la fenomenología determina la modalidad del movimiento foronómico, que considera el movimiento rectilíneo respecto del espacio empírico, como *posible*. El segundo teorema determina la modalidad del movimiento circular¹⁶⁸ respecto del espacio¹⁶⁹, como *real*. Por último, el tercer teorema determina la modalidad de todo movimiento que ejerza una fuerza sobre otro, en tal caso, este otro cuerpo ejercerá un movimiento igual y de sentido contrario *necesariamente*.

* * *

VI.3. Las leyes de Newton en relación con los principios del entendimiento puro y con los principios metafísicos de la ciencia natural de Kant.

La posibilidad de conocer la experiencia viene dada por los principios del entendimiento. Estos principios expresan las condiciones *a priori* que hacen posible el objeto en general. La *Ciencia de la naturaleza*, sin embargo, no se ocupa de las condiciones *a priori* que hacen posible el objeto en general, sino de la naturaleza particular de los dos géneros de objetos de nuestros sentidos. Debido a esto parten de un concepto empírico, que en el caso de la física es el concepto de materia:

La materia de los fenómenos gracias a la cual se nos dan *cosas* en el espacio y en el tiempo sólo puede representarse en la percepción y, consiguientemente, *a posteriori*.¹⁷⁰

Si no queremos que la *Ciencia de la naturaleza* sea una ciencia empírica carente de universalidad y necesidad tenemos que poner a su base una metafísica. Tal metafísica construye el concepto de materia *a priori* al aplicarle las categorías. Como los objetos sólo se perciben en virtud del movimiento, la materia a la que se refiere la metafísica de la física es la materia móvil, Kant la llama *metafísica de la naturaleza corpórea*.¹⁷¹ Por tal motivo la foronomía considera la materia móvil

¹⁶⁸ Todo movimiento circular es acelerado y, por tato, conlleva una fuerza.

¹⁶⁹ El movimiento en el espacio es puramente foronómico y no posee fuerza motriz alguna.

¹⁷⁰ *KrV.*, A 720/B 748.

¹⁷¹ *MANW.*, 9 (Ak., IV, 472).

como una cantidad pura, la dinámica como una cualidad, la mecánica como un sistema de relaciones y la fenomenología como un modo de existencia. De esta manera Kant lleva a cabo una metafísica general u ontología de la experiencia en general y una metafísica especial de la Ciencia natural, acordes a los dictados de la filosofía crítica.

Newton no pensaba que el espacio y el tiempo fueran puestos por nosotros, él los consideraba *sensorium Dei*. Su realismo trascendental era contrario al idealismo crítico 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. La *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 pura *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*.¹⁷²

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”. Las analogías de la experiencia constituyen, pues, la base ontológica de las leyes de Newton, y las leyes de la mecánica su fundamento metafísico particular, con lo que tenemos la siguiente correspondencia:

El principio de inherencia nos conduce a la ley de conservación de la materia. Tal principio dice así:

¹⁷² *KrV.*, A 158/B 197.

En todo cambio de los fenómenos permanece la sustancia y su cantidad (quantum) no aumenta ni disminuye en la naturaleza.¹⁷³

La primera ley de la mecánica de Kant dice así:

En todas las modificaciones de la materia corporal permanece constante la cantidad de materia en el conjunto, sin que aumente o disminuya.¹⁷⁴

Newton no formula esta ley pero se la supone en todo su sistema.

El principio de la producción nos lleva a la segunda ley de la mecánica y a las dos primeras leyes de Newton. El principio de la producción dice así:

Todas las alteraciones suceden según la ley del enlace entre causa y efecto.¹⁷⁵

La segunda ley de la mecánica de Kant dice:

Todo cambio en la materia tiene una causa externa (todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento, conservando la misma dirección y la misma velocidad cuando una causa externa no le obligue a abandonar ese estado).¹⁷⁶

La primera ley de Newton es un corolario de su segunda ley. Sin embargo, la fundamentación kantiana se fija en la primera ley de Newton. Tal cosa se explica, como ya vimos, porque la segunda ley de Newton es eminentemente empírica. La primera ley o 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.¹⁷⁷

La segunda ley de Newton expresa la relación: $F = ma$:

El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime.¹⁷⁸

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

¹⁷³ *Ibíd.*, A 182/B 224.

¹⁷⁴ *MANW.*, 110 (Ak., IV, 541).

¹⁷⁵ *KrV.*, A 189/B 232.

¹⁷⁶ *MANW.*, 113. (Ak., IV, 543).

¹⁷⁷ *Principia*, Ed. cit., vol. 1, 135.

¹⁷⁸ *Ibíd.*, 136.

Todas las sustancias, en la medida en que pueden ser percibidas en el espacio como simultaneas, están en universal acción recíproca.¹⁷⁹

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

En toda comunicación de movimiento la acción es siempre igual a la reacción.¹⁸⁰

La tercera ley de Newton reza:

Para toda acción hay siempre una reacción opuesta e igual. Las acciones recíprocas de dos cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas hacia partes contrarias.¹⁸¹

Queda así expuesta la correspondencia entre las analogías de la experiencia, las leyes *a priori* de la mecánica y las leyes newtonianas del movimiento. Las formulaciones de las tres especies de conocimiento se parecen, pero cada una de ellas se refiere a un orden gnoseológico diferente. Así, los principios del entendimiento puro pertenecen a la filosofía primera u ontología, las leyes de la mecánica elaborada por Kant se fundamentan metafísicamente, es decir, *a priori*, y las leyes de la mecánica newtoniana son, a los ojos de su autor, empíricas. Justamente el cometido de Kant ha sido demostrar que la física de Newton no es empírica, sino que tiene un fundamento *a priori* que dota a sus juicios de la apodicticidad requerida.

El cometido que nos hemos propuesto en esta investigación es, en la medida de nuestras posibilidades, el mismo que el de Kant, pero ahora con la Teoría de la relatividad. Para ello, lo primero que tenemos que hacer es exponerla en sus rasgos fundamentales.

¹⁷⁹ *KrV.*, A 211/B 256.

¹⁸⁰ *MANW.*, 115. (Ak., IV, 544).

¹⁸¹ *Principia*, Ed. cit., vol. 1, 136.

Tercera parte

Teoría de la relatividad y geometría.

Estoy tan atrasado y soy tan terco que aún no creo que Dios, nuestro Señor, juegue a los dados. Si así lo hubiera querido, lo habría hecho de forma general, y no de manera que al tirar los dados tropezara con un esquema [...] Todas las apariencias contradicen el concepto de una concordancia absoluta con la ley; sin embargo, yo sigo buscando sin cesar ese concepto. Si mi descubrimiento no se sostiene, la culpa será mía, no de Él.

Albert Einstein.

VII. La Teoría de la relatividad.

VII.1. El problema del éter. VII.2. El experimento de Michelson-Morley. VII.3. La teoría especial o restringida. VII.3.1. Límite de velocidad. VII.3.2. La simultaneidad, contradicción aparente. VII.3.3. Contracción lorentziana del espacio. VII.3.4. Dilatación relativista del tiempo. VII.3.5. Espacio-tiempo. VII.3.6. El espacio-tiempo fantasma de Minkowski. VII.4. Teoría de la relatividad general. VII.4.1. La “fuerza” de gravedad. VII.4.2. El principio de equivalencia. VII.4.3. Gravitación, una geometría no-euclídeana. VII.4.4. ¿Cómo manejar un espacio curvo? Coordenadas gaussianas y cálculo tensorial. VII.4.5. Verificaciones de la Teoría de la relatividad. VII.4.6. Los “efectos” relativistas del espacio y del tiempo. VII.4.7. Aspectos estéticos. VII.4.8. Otros Universos relativistas.

VII.1. El problema del éter.

Es en el seno de la electrodinámica donde debemos buscar el origen de la Teoría de la relatividad. Sin embargo, debemos comenzar con una cuestión anterior, la Óptica. Los ópticos, cumpliendo su cometido, elaboraron interesantes teorías acerca de la estructura de la luz. Las teorías que tratan de la estructura de la luz se dividen en dos grandes grupos: *teorías corpusculares* y *teorías ondulatorias*.

En el mundo griego la luz era un fenómeno fisiológico. La luz se componía de rayos visuales generados por los ojos. En el siglo XVII la Óptica se desligó de la Fisiología, adoptándose dos clases diferentes de estudios: uno geométrico como el efectuado por Descartes en su *Dióptrica* (1637); y otro físico igualmente tratado por Descartes en *El mundo* o *Tratado de la luz* (1633). Pero los primeros que concibieron la luz como un fenómeno ondulatorio fueron Robert Hook (1635-1703) en su *Micrographia* (1665) y Christiaan Huygens (1629-1695) en el *Traité de la lumière* publicado en 1660. Toda onda, se pensaba, necesita un medio para propagarse, por lo que se postuló la existencia de un fluido imponderable al que Hook bautizó con el nombre de *éter*.

En 1704 Newton publicó la *Óptica* en la que la luz se consideraba como formada por pequeños corpúsculos, aunque fue muy cauto en este punto. En lo que no mostró tanta cautela fue en concebir el espacio y el tiempo como absolutos, como ya hemos visto. El éter cumplía, pues, una doble función: soporte de las ondas luminosas y marco de referencia equivalente al espacio absoluto de la Física newtoniana.¹ Es sorprendente cómo Newton, siendo partidario de una teoría corpuscular, aceptó la existencia de un éter como algo necesario para la Óptica, no como medio de propagación, pero sí como medio de interacción intercorpúscular responsable de los fenómenos de refracción y de los *anillos de Newton*.²

¹ Cuando hablamos del éter como medio de propagación de la luz nos referimos al éter luminífero

² Los llamados “anillos de Newton” son unos círculos concéntricos coloreados que aparecen cuando un haz de luz blanca incide sobre una burbuja de jabón, o cuando dos cristales o dos superficies transparentes están en contacto parcial, por ejemplo, en diapositivas enmarcadas con cristal, o entre el dorso de la película y el cristal del portanegativos. Estas bandas concéntricas aparecen cuando dos superficies transparentes entran en contacto imperfecto. Son consecuencia del fenómeno de interferencia que se produce cuando la separación entre las dos superficies es de magnitud comparable a la longitud de onda de la luz reflejada. Newton descubrió que para cada color se tenía una región iluminada de un ancho distinto. Por eso pensó que había algo periódico en el comportamiento de la luz, pero no pudo determinar su naturaleza.

A principios del siglo XVIII se produjo un gran debate entre los partidarios de ambas concepciones.³ De estas confrontaciones epistemológicas salió triunfante la teoría corpuscular debido al descubrimiento del fenómeno de la *aberración estelar*. Este fenómeno fue descubierto en 1728 por un profesor oxoniense de astronomía llamado James Bradley (1693-1762). Este curioso fenómeno consiste en que un telescopio dirigido a una estrella forma su imagen desplazada del centro de su lente. Bradley era newtoniano y explicó su descubrimiento atendiendo a sus ideas. Para Bradley los movimientos de los corpúsculos luminosos obedecen la ley de composición de velocidades, según la cual: $c' = c - v$, pero no son atraídos por la Tierra. Con esas premisas se explica este fenómeno y obtiene la constante de aberración: v/c .⁴

En la primera mitad del siglo XIX las teorías de Thomas Young (1773-1829) y Agustín Fresnel (1788-1827) resucitaron las ideas de Huygens al descubrir los fenómenos, típicamente ondulatorios, de la *difracción* y la *interferencia lumínica*. Young buscó argumentos favorables a la concepción ondulatoria de la luz, eso le condujo a buscar una explicación al fenómeno de la aberración estelar. Young tuvo en cuenta que en el ínfimo intervalo de tiempo que el rayo luminoso emplea para recorrer el largo del telescopio, la Tierra avanza algo sobre su órbita, llevando consigo al telescopio, pero no al rayo luminoso. La estrella no puede, pues, formar su imagen en el centro del ocular, ya que el éter, mediante el cual se propagó, no fue arrastrado por el movimiento de la Tierra. Según esto, la aberración de la luz habla a favor del reposo del océano etéreo. De esta forma, la cuestión del arrastre o no del éter por parte de la Tierra se convertía en un problema fundamental tanto para la Óptica como para el Electromagnetismo.⁵

Los newtonianos continuaron apostando por una teoría corpuscular de la luz. François Arago (1786-1853) llevó a cabo en 1808 un experimento para confirmar la teoría corpuscular. El experimento consistía en hacer pasar la luz por un prisma en el

³ Kant en su tesis doctoral *Sobre el fuego* se adhiere la posición sostenida por Leonhard Euler, el cual en *Nova theoria lucis et caloris*, en *Opera varii argumenti*, I (1746) defiende la teoría ondulatoria de la luz de Huygens frente a la corpuscular o emanantista de Newton. Cfr. *De igne*, 56 (Ak., I, 378).

⁴ Cfr. Sánchez Ron, J. M., *El origen y desarrollo de la relatividad*. Alianza, Madrid, 1983, p. 22.

⁵ Conviene no perder de vista que desde las aportaciones de Maxwell la luz es considerada una onda electromagnética.

sentido del movimiento terrestre para luego hacerla pasar en el sentido contrario. El resultado debería poner de manifiesto que la velocidad respecto de la Tierra de los corpúsculos de luz variaría al ser lanzados en un sentido u otro. Tal variación se debería manifestar en una diferencia en el ángulo de desviación. Sin embargo no se observó tal diferencia.

Fresnel desarrolló una hipótesis para explicar el nulo resultado del experimento de Arago. En ella los cuerpos con un índice de refracción mayor que el del vacío, como el prisma de Arago, arrastran parcialmente al éter y pudo establecer así un coeficiente de arrastre (k). El coeficiente de arrastre de Fresnel fue confirmado en 1851 por Armand Hippolyte Fizeau (1819-1896) mediante un ingenioso experimento.⁶ Fizeau hizo incidir un haz de luz sobre dos espejos, y obligó a los rayos así divididos a atravesar un tubo en forma de U, en cuyo interior fluía una corriente de agua. El agua tenía sentidos opuestos en cada rama del tubo, por eso un rayo debió llegar antes que el otro. En virtud de la interferencia de la luz la diferencia de tiempo entre ambos rayos se manifiesta en las rayas de interferencia de una pantalla colocada detrás del tubo. Estas interferencias evidenciaban que el agua arrastra al éter sólo parcialmente y en la proporción de k .

Otra posible explicación era la de Sir George Gabriel Stokes (1819-1903) quien en 1845 publicó un trabajo en el que abogaba por un éter arrastrado totalmente por la Tierra. Con esta suposición se daba cuenta de los nulos resultados del experimento de Arago. Sin embargo, tal solución era contraria a la aberración estelar. Stokes demostró que tal problema se disipaba si suponemos que el éter es irrotacional. Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) también se manifestó a favor de un éter móvil.

Como vemos, la confusión acerca del éter era considerable. Para intentar resolver este acuciante enigma de la naturaleza Albert Michelson (1852-1931) ideó un experimento.⁷

⁶ Vid., Gamow, G., *Biografía de la física*. Traducción de Fernando Vela, Alianza, 1994, pp. 130-133.

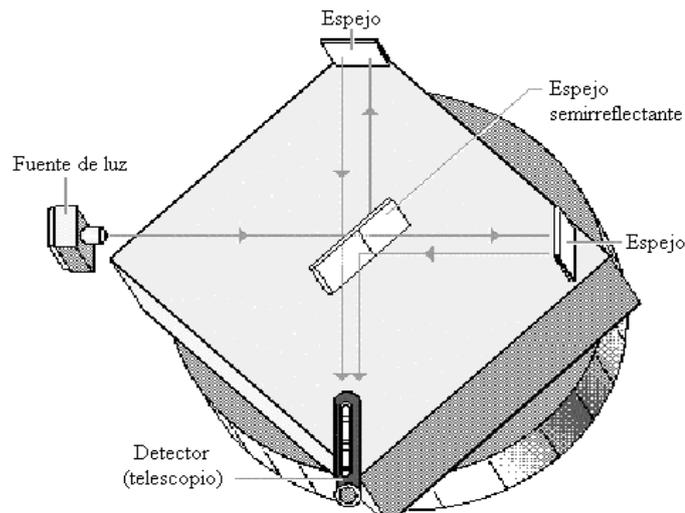
⁷ Sobre las diferentes interpretaciones del experimento de Michelson-Morley vid., Rivadulla, A., *Experimentos cruciales en física. El caso Einstein-Lorentz-Aspect*. En Rivadulla, A., (ed.) *Hipótesis y*

VII.2. El experimento de Michelson-Morley.

En 1878 James Clerk Maxwell, poco antes de su muerte, pensó que debía ser posible demostrar mediante experimentos ópticos el movimiento de la Tierra entre un éter en reposo. Maxwell ideó el experimento, pero pensó que era irrealizable. Todos los que intentaron llevarlo a la práctica fracasaron, pero un joven de 26 años llamado Albert Abraham Michelson (1852-1931) entrevió una manera de realizarlo. Michelson perfeccionó un aparato, el interferómetro, hasta un punto inimaginable. El Doctor Edward Williams Morley (1838-1923) colaboró con gran tenacidad en esta empresa, cuyo objetivo era constatar la existencia del viento etéreo. La idea de Maxwell era sencilla, consistía en lo siguiente: Sobre el globo terráqueo, que se desplaza a través del océano etéreo en reposo, dos rayos luminosos, de los cuales uno se propaga en el sentido de la traslación terrestre mientras que el otro lo hace en el sentido opuesto, no pueden recorrer el mismo espacio en el mismo tiempo. Los dos caminos de la luz, que son de igual longitud respecto a la Tierra, no lo son con respecto al éter. Tal diferencia de tiempo era susceptible de ser medida gracias a la asombrosa precisión del interferómetro, capaz de captar lapsos de tiempo del orden de ochocientas billonésimas de segundo. Un interferómetro consta de un espejo doble semiplateado situado en su centro para dividir el rayo luminoso en dos. Uno de estos dos rayos toma la dirección Norte-Sur, mientras que el otro toma la dirección Este-Oeste. Los dos rayos son reflejados por el espejo central cruzándose en el tubo del interferómetro. Si el éter está en reposo el rayo Este-Oeste perderá la carrera. Debido a la pequeña longitud de los brazos del interferómetro se considera que la Tierra se desplaza con movimiento rectilíneo y uniforme.⁸

verdad en ciencia. Ensayos sobre la filosofía de Karl R. Popper. Edit. Complutense, Facultad de Filosofía, Madrid, 2004, pp. 130-134.

⁸ El interferómetro giraba 90° para invertir las direcciones de los rayos y comparar así la duración de sus trayectorias.



Para entender mejor el experimento sigamos el ejemplo de Desiderio Papp.⁹ Tenemos una canoa para descender la corriente de un río una distancia de 100 metros, para luego remontarla hasta el punto de partida. Otra canoa tiene que hacer lo mismo, pero atravesando la corriente. La distancia es la misma debido a que el río tiene 100 metros de ancho. Aun cuando el remero de la segunda canoa tenga que contrarrestar la fuerza de la corriente, llegará antes que el primero que tiene que remar contracorriente. Si ambas canoas son rayos luminosos, sus caminos las distancias entre los espejos y el agua del río el éter, tenemos un símil de lo que pensaron Michelson y Morley que sucedería en el interior de su interferómetro. Sin embargo, en mayo de 1887 las líneas de interferencia del detector del interferómetro no se movieron. Siguiendo con el ejemplo anterior, un éter que se viera arrastrado por la Tierra sería equivalente a un lago, en igual de un río, como sucedía en el símil de Papp.

La desesperante situación era la siguiente:

- *Aberración de la luz*: Se explicaba con un éter en reposo (Young) o con un éter arrastrado por la Tierra pero irrotacional (Stokes).
- *Experimento de Michelson-Morley*: Se explicaba con un éter en movimiento (Stokes, Hertz).
- *Experimentos de Arago y de Fizeau*: Se explicaban con un éter sometido a un arrastre parcial (Fresnel).

⁹ Cfr. Papp, D., *Einstein: historia de un espíritu*. Colección Austral, Espasa-Calpe, Madrid, 1985, p. 59.

Podía pensarse que la teoría de Stokes, es decir, con un éter en movimiento pero irrotacional es adecuada para desfacar este entuerto, pero Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) en 1886 demostró que tal teoría estaba aquejada de graves dolencias. La hipótesis de la irrotacionabilidad del éter era incompatible con el movimiento que debía tener lugar en las proximidades de la Tierra.

El resultado negativo del experimento de Michelson-Morley había creado una notable confusión en la comunidad científica. Nadie parecía dar con la clave del enigma planteado, hasta que en 1892 Lorentz junto con George Francis Fitzgerald (1851-1901) encontraron una explicación. En ese sentido, la obra de Lorentz consiste en explicar y fundamentar las ecuaciones de Maxwell. Es curioso cómo en ocasiones se alcanza antes el resultado que el conocimiento que debería haber llevado a él. Maxwell publicó por primera vez en su *Tratado sobre electricidad y magnetismo* (1873), su conjunto de cuatro ecuaciones diferenciales en las que describe la naturaleza de los campos electromagnéticos en términos de espacio y tiempo. Estas ecuaciones funcionaban a la perfección, pero su fundamento teórico último permanecía incógnito. Las relaciones variables en los campos electromagnéticos, de las cargas eléctricas y de las corrientes se derivan de dichas ecuaciones. Maxwell había aunado las leyes de la electricidad y del magnetismo descubiertas por Faraday, Gauss y Ampère, pero sus fórmulas dejaban abierta la incógnita del porqué de su perfección. Lorentz encontró que las leyes de Maxwell son leyes estadísticas, valores promedio que no hablan de electrones individuales sino de enormes conjuntos de ellos.

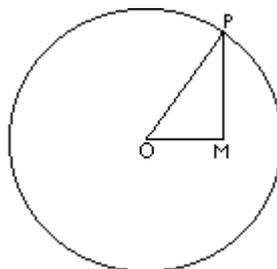
Lorentz pensaba que la materia era un fenómeno eléctrico, pues toda sustancia se constituye por partículas cargadas eléctricamente. Por otra parte, las ecuaciones de Maxwell sólo valen para sistemas en reposo. La teoría de Lorentz necesitaba un éter fijo, en reposo; por eso interpretó que la teoría del arrastre parcial, sugerida por el experimento de Fizeau, se explica pensando que no es el éter, sino los electrones en los átomos de las moléculas de agua los que son arrastrados por la corriente. Sin embargo, el resultado nulo del experimento de Michelson-Morley apuntaba claramente hacia un éter móvil. Para solventar este problema Lorentz y

Fitzgerald pensaron que los brazos del interferómetro se contraen en la dirección Este-Oeste.¹⁰

La hipótesis de Lorentz y Fitzgerald es *ad hoc*, ciertamente, pero está estrechamente vinculada a su teoría eléctrica de la materia. Supone que todos los cuerpos están formados por cargas eléctricas elementales. El éter lo impregna todo, es decir, también se encuentra entre dichas cargas eléctricas. El movimiento a través del océano de éter contrae la distancia existente entre las partículas cargadas eléctricamente. Ese es el motivo, según Lorentz, de que todos los cuerpos se contraigan en la dirección de sus movimientos. Por tanto, cuanto mayor sea la velocidad del objeto, mayor será su contracción. El “efecto Lorentz-Fitzgerald” es sumamente pequeño, minúsculo, siendo su expresión la siguiente:

$$l' = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \sqrt{1 - \beta^2}$$

pero es el resultado que arroja, según esta hipótesis, el experimento de Michelson-Morley. En la figura siguiente se puede apreciar la magnitud de dicho efecto:



Donde OM es el espacio recorrido por un móvil en un segundo.

OP es un segundo-luz.

La relación entre OP y MP es la magnitud de la contracción Lorentz-Fitzgerald.¹¹

La contracción Lorentz-Fitzgerald no puede comprobarse experimentalmente debido a que todos viajamos con la velocidad de la Tierra, unos 106.000 km/h. Absolutamente todo está contraído para nosotros: el objeto a medir, los aparatos de medida y el observador.

¹⁰ La contracción propuesta puede encontrarse asociada con el nombre de Fitzgerald, con el de Lorentz o con el de ambos.

¹¹ Cfr. Russell, B., *ABC de la relatividad*. Traducción de Pedro Rodríguez Santidrián, Ariel (Orbis), Barcelona, 1985, pp. 56-57.

La hipótesis de Lorentz es un círculo. Como la existencia del éter es indemostrable debe haber una contracción Lorentz, y debido a que hay una contracción Lorentz *la existencia del éter es indemostrable*.

VII.3. La teoría especial o restringida.

Albert Einstein publicó el 26 de septiembre de 1905 en *Annalen der Physik* un artículo titulado “Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento”. Para empezar, la nueva concepción del mundo físico que planteaba el artículo eliminaba una hipótesis no justificada por hecho experimental alguno, la existencia de un éter. En el éter no se pueden fijar puntos y seguir su trayectoria o su reposo, es pues imposible medir la velocidad de la Tierra respecto a él. Carece de sentido relacionar velocidad alguna con este fluido imponderable. Einstein no entra en consideraciones acerca de la existencia o la entidad del éter, simplemente excluye, por superflua, tal hipótesis en su conjunto.¹²

Que el experimento de Michelson-Morley diera un obstinado no, significa que no disponemos de medios suficientes para saber si existe algo en reposo absoluto en el Universo y, por tanto, si nuestros sistemas de referencia están dotados o no de movimiento. Esta imposibilidad aparecía ya en un libro: *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano* (1632),¹³ en el que Galileo, por boca de Salviati, expresa que mediante experimentos mecánicos es imposible poner de manifiesto si un sistema está en reposo o si se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme. Esta dificultad fue superada por el propio Galileo en lo que se conoce como “principio de relatividad de Galileo”, el cual dice que las leyes físicas son las mismas para un observador que esté en reposo absoluto que para uno que se mueva con movimiento rectilíneo y uniforme. Aunque también puede enunciarse de esta otra forma: las leyes físicas son las mismas para dos observadores que se hallen en movimiento rectilíneo y uniforme uno respecto del otro. Permítasenos una tercera formulación: *Es imposible, mediante cualquier*

¹² *Vid.*, inf., 21 nota 23.

¹³ Cfr. Galileo Galilei, *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*. Vol. VII de las *Opere*, pp. 140-143, 197, 273-275, 401. Traducción de Antonio Beltrán Marí, Alianza (RBA), Barcelona, 2002.

experiencia mecánica, en el interior de un sistema cerrado, distinguir su movimiento uniforme y rectilíneo del estado de reposo.

Galileo enunció la imposibilidad de los fenómenos mecánicos para distinguir el reposo del movimiento rectilíneo y uniforme en el seno de un sistema, pero tampoco se puede lograr mediante fenómenos ópticos ni por medios electromagnéticos. Einstein generalizó el principio galileano negando categóricamente que se pueda distinguir dentro de un sistema entre reposo y movimiento rectilíneo uniforme mediante experimento físico alguno. Por este motivo cualquier sistema de este tipo (galileano (K)) es válido para describir las leyes de la naturaleza. El principio de la relatividad especial postula que las leyes según las cuales cambian los estados de los sistemas físicos, son independientes de a cual de dos sistemas de coordenadas, en transición uniforme uno con respecto al otro, se refieran estos cambios de estado. Este principio se encuentra implícito en las ecuaciones de Lorentz, pero Lorentz preserva el éter para que siga manteniendo su función de espacio absoluto. Como los efectos del éter no pueden ser evidenciados debido a la contracción que sufre la materia en el sentido de la marcha (contracción Lorentz-Fitzgerald), Einstein convierte tal contracción en un postulado de su teoría. En este sentido la diferencia entre las propuestas de Lorentz y Einstein es, pues, que éste no deduce el principio de relatividad de los principios fundamentales de la teoría sino que lo postula:¹⁴

[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...¹⁵

El principio de relatividad no es una propiedad de la teoría, sino un requisito imprescindible. Al igual que Kant, Einstein sigue el consejo de Goethe:

El mayor arte dentro de la vida académica y mundana consiste en transformar los problemas en postulados: así se sale triunfante.¹⁶

¹⁴ Otra diferencia es que las transformaciones de Lorentz no forman grupo, mientras que las de Einstein sí lo forman. Esto se debe a que Einstein no admitía la existencia de sistemas de referencia privilegiados como era el caso del éter. Cfr. Sánchez Ron, J. M., *Op. cit.* 67.

¹⁵ Einstein, A., "Zur Elektrodynamik bewegter Körper". En *Annalen der Physik*, 17, pp. 891-921, 1905. *Apud.*, Sánchez Ron, J. M., *Op. cit.*, 62.

¹⁶ Cassirer, E., *Zur modernen Physik*. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1972, p. 25.

Einstein elaboró la relatividad examinando las teorías precedentes, no partiendo de experimentos.¹⁷

VII.3.1. Límite de velocidad.

Según el “código de la circulación” relativista queda prohibido superar la velocidad de la luz en todo el Universo. En efecto, bromas aparte, el otro principio fundamental de la teoría radica en la exigencia de que la luz se propague en el vacío en todas las direcciones con la misma velocidad, sin que intervenga en la misma el movimiento de la fuente luminosa. El teorema de superposición de velocidades de Galileo ($W = v + w$) no vale para la propagación de la luz.¹⁸ La velocidad de la luz es una constante en la naturaleza que recibe el nombre de c (*celeritas*), por eso $c + v = c$, siendo éste el motivo del resultado nulo del experimento de Michelson-Morley. Pero además, la velocidad de la luz es la más alta que permite la naturaleza, es el límite de todas las velocidades. La velocidad de la luz es un dato empírico, también lo es que la física actual no conozca velocidad mayor que ella. Sin embargo, el postulado einsteiniano dice que c es el límite de toda velocidad, siendo la validez de este principio universal y necesaria. Las ondas electromagnéticas son la forma más veloz de transmitir efectos en la naturaleza. Debido a todo esto, la adición de velocidades relativista responde a la igualdad:

$$V = \frac{v + w}{1 + \frac{v \cdot w}{c^2}}$$

VII.3.2. La simultaneidad, contradicción aparente.

El principio de relatividad de la Mecánica clásica requiere la validez del teorema de superposición de velocidades. Sin embargo, dicho teorema no es válido para la propagación de la luz, según el segundo principio de la nueva teoría. He aquí, en principio, una contradicción. Einstein utilizó un experimento mental para demostrar que dicha contradicción es aparente. El experimento pretende medir la

¹⁷ Cfr. Bunge, M., *Controversias en física*. Tecnos, Madrid, 1983, p. 90.

¹⁸ En este sentido podemos decir que la luz es aristotélica.

velocidad de la luz de un haz de rayos lumínicos emitidos por una fuente en movimiento. Para ello necesitamos, al menos, un par de relojes sincronizados. Para que ambos marquen la misma hora podemos juntarlos e igualar las posiciones de sus agujas, pero al separarlos la hora ha podido variar en alguno de ellos. Podemos también enviar una señal electromagnética de uno a otro para sincronizarlos, pero para ello tendríamos que conocer la velocidad de la señal enviada a fin de adelantar nuestro reloj el tiempo que tarde en llegar. Ahora bien, para poder medir esa velocidad necesitamos un reloj sincronizado con el del origen. Caemos aquí en un círculo del cual no hay escapatoria. Podemos idear otras alternativas para establecer la simultaneidad de dos sucesos físicamente distantes, pero todas estarán presas de la misma aporía.¹⁹

Si existiera una transmisión infinitamente rápida de información podríamos tener un tiempo absoluto. Tal transmisión podría efectuarse si existieran cuerpos totalmente rígidos, o si la velocidad de la luz, o de cualquier otra señal electromagnética, fuese infinita. Pero no es así, la existencia de un límite superior para la velocidad impide determinar la simultaneidad de dos sucesos alejados espacialmente. Newton creía en un tiempo absoluto porque creía que la velocidad de la luz era infinita. Para él el tiempo era independiente del espacio que separa los acontecimientos.

Para poder saber cuándo son simultáneos dos sucesos una vez eliminado el tiempo absoluto, debemos adoptar una convención. La convención elegida por Einstein no es caprichosa, sino que diluye la contradicción antes mencionada convirtiéndola en aparente, siendo también la eulisis de la aporía de la simultaneidad. Para poder entender la solución einsteiniana debemos distinguir entre simultaneidad “local” y “a distancia”; la solución de Einstein se refiere a la simultaneidad a distancia para relojes en reposo relativo en un sistema de referencia inercial,²⁰ siendo relativa a ese marco de referencia. Según Einstein dos sucesos separados en el espacio son simultáneos cuando son percibidos al mismo tiempo por un observador que se halle a igual distancia de ambos.²¹ De esta manera, la

¹⁹ En este contexto se denomina suceso al hecho de estar, cualquier cosa, en un lugar, en un momento.

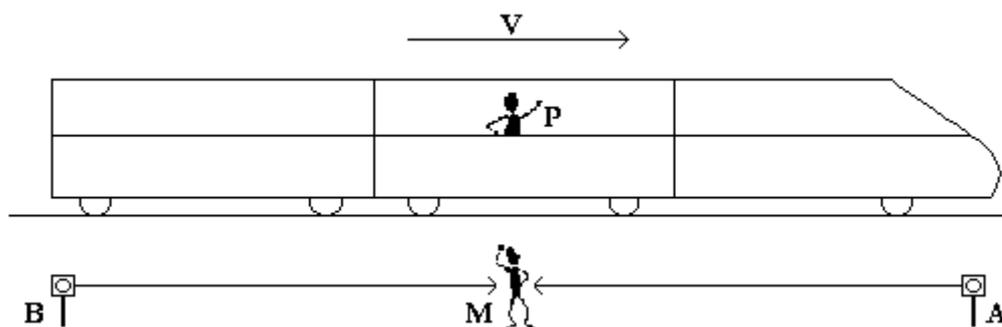
²⁰ Cfr. Sánchez Ron, J. M., *Op. cit.*, 68.

²¹ Cfr. Einstein, A., *Sobre la Teoría de la relatividad especial y general*. Traducción de Miguel Paredes Larrucea, Alianza (RBA), Barcelona, 2002, p. 22. *Vid.*, inf., 334 y 337.

simultaneidad viene dada en función de las señales lumínicas que unen dos sucesos separados en el espacio. Como la luz puede propagarse en el vacío en todas las direcciones con velocidad constante (isotropía) y es el límite de toda velocidad; todos los sistemas en movimiento son equivalentes para ella. Una señal cuya velocidad pudiera ser sobrepasada podría romper la ley de la causalidad provocando las más insólitas paradojas.

VII.3.3. Contracción lorentziana del espacio.

Para comprender el concepto de “simultaneidad a distancia” nos serviremos del ejemplo propuesto por el propio Einstein en *Sobre la Teoría de la relatividad especial y general* de 1916. Tenemos un terraplén en el que se insertan las vías de un tren que viaja con velocidad constante. Junto al terraplén tenemos dos bombillas (B y A), separadas por la misma longitud que tiene el largo del tren cuando está en movimiento,²² que se encienden justo cuando el tren está sobre ellas. Un ferroviario (M) es el observador situado en el centro de las dos lámparas. Si éste ve la luz de ambas lámparas a la vez, podemos decir que ambos sucesos son simultáneos. Sucede además que en el centro del tren va un pasajero (P). El ferroviario ve las dos luces simultáneamente, pero... ¿las verá también así el pasajero?



El pasajero se encamina hacia A mientras que se aleja de B, por lo que percibe A antes que B. El pasajero observa que A y B no emiten simultáneamente su destello luminoso y piensa que la máquina del tren ha llegado a A antes que el

²² Esta nota sólo se entenderá al final del argumento, pero conviene tener presente que: si la distancia entre las bombillas fuera la longitud del tren en reposo, el ferroviario no vería encenderse las dos bombillas simultáneamente debido a que el tren en movimiento es más corto que el tren en reposo.

vagón de cola haya tocado a B. El pasajero saca la conclusión de que la distancia entre ambas bombillas es menor que la longitud del tren.

La simultaneidad relativa del pasajero y del ferroviario ha relativizado también el espacio. *El espacio está contraído para el pasajero debido a su velocidad.* Si el pasajero midiera con una regla el tren no encontraría tal contracción debido a que su regla se encuentra igualmente contraída. Si pudiéramos eliminar la relatividad de la simultaneidad podríamos eliminar también la relatividad del espacio, para ello tendríamos que admitir velocidades infinitas y eso está prohibido en la Teoría de la relatividad.

La contracción sufrida por los objetos en movimiento es la misma que calculó Lorentz, del orden de $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$, sin embargo no tiene el mismo sentido. La manera de dar cuenta de la contracción espacial en ambas teorías es muy diferente.²³ Para Lorentz hay un espacio absoluto coincidente con el éter, mientras que para Einstein no existen sistemas privilegiados o absolutos. Para Einstein no existe una medida “verdadera” de la longitud, todas las contracciones son recíprocas, a la par que los movimientos. Para Lorentz la longitud verdadera de un objeto es aquella que tiene cuando se halla en reposo en el éter impalpable. Para Einstein ni el ferroviario ni el pasajero se equivocan, puesto que ambos sistemas están dotados de un movimiento recíproco; el tren respecto de las bombillas y éstas respecto del tren.

VII.3.4. Dilatación relativista del tiempo.

Acabamos de ver que el espacio se contrae con la velocidad. En el caso anterior ocurría que no se podía establecer la simultaneidad de dos sucesos sino de forma relativa a un observador situado en el centro de ambos. Tal convención, no arbitraria, surgía porque las bombillas del terraplén no se encendían simultáneamente para el pasajero del tren. En este hecho se manifiesta ya que el tiempo tampoco va a ser el mismo para ambos observadores, puesto que con la relatividad de la simultaneidad la duración también se torna relativa. Una hora para

²³ Para Lorentz el éter es el responsable de la contracción, mientras que para Einstein la contracción es una realidad métrica.

el pasajero durará más que una hora para el ferroviario.

Imaginemos que tenemos dos relojes ópticos,²⁴ uno en el interior del tren y otro en el terraplén junto al ferroviario. La distancia que separa los espejos del reloj óptico es de 0,3 m. El pulso de luz recorre, desde su salida hasta que regresa a su origen, 0,6 m. Si expresamos la velocidad de la luz en la milmillonésima parte de un segundo, tenemos que es de 0,3 m/ns.²⁵ El reloj del ferroviario marcará 2 ns por cada pulso de luz, sin embargo, en el reloj del tren no ocurre lo mismo respecto del ferroviario, ya que lo ve en movimiento. El ferroviario ve que el pulso de luz no sigue una trayectoria perpendicular, sino diagonal. Supongamos que la oblicuidad del rayo de luz debida al movimiento haga recorrer a éste un metro en igual de 0,6. Como la velocidad de la luz es constante el tiempo ha tenido que aumentar, de lo contrario no se cumpliría la relación: velocidad = espacio / tiempo. $t = 1/0,3 = 3,3$ ns. Para el ferroviario, el reloj del viajero tendría que marcar 3,3 ns, igual que el suyo, y no los 2 ns que marca. El ferroviario creerá que el reloj del viajero atrasa, mientras que el viajero, por no ver que su pulso de luz siga una trayectoria oblicua, pensará que su reloj marca la hora exacta, siendo el reloj del ferroviario el que adelanta 0,65 ns cada nanosegundo. Resulta evidente que cuanto mayor sea la velocidad del móvil menor inclinación tendrá la diagonal trazada por el rayo luminoso entre los espejos del reloj, y mayor será, por tanto, la dilatación temporal del sistema de referencia en movimiento, no pudiéndose superar nunca la velocidad de la luz. Dicho de otra manera, a mayor velocidad mayor dilatación temporal. El factor de dicha dilatación vuelve a ser el de las ecuaciones de transformación del genial holandés:

$$\gamma = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \sqrt{1 - \beta^2}$$

operando esta vez como divisor.

²⁴ Dispositivo que usa la luz para medir el tiempo. Consta de dos espejos paralelos superpuestos a una distancia constante de tal manera que un rayo de luz se refleje entre ellos. Los constantes reflejos del pulso lumínico en ambos espejos son registradas en un contador.

²⁵ Metros por nanosegundo.

VII.3.5. Espacio-tiempo.

En la Mecánica clásica existía una relatividad del espacio. Esta relatividad se incrementa en la nueva teoría, pero su principal novedad es la relatividad del tiempo. El tiempo siempre había sido el mismo para cualquier observador, por eso era independiente. Esta asimetría respecto del espacio es eliminada en la teoría de Einstein, puesto que el tiempo tiene que ser considerado como una coordenada más. El espacio-tiempo es una estructura única aunque covariante, también el tiempo, por tanto la métrica no euclídea afecta también a la estructura temporal. El tiempo no es una magnitud absoluta.

Ahora el espacio y el tiempo pasan a ser un continuo tetradimensional. Como dijo Minkowski el 21 de septiembre en Colonia:

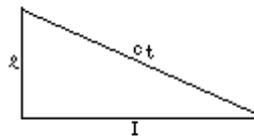
A partir de este momento, el espacio por sí mismo y el tiempo por sí mismo van a quedar completamente cubiertos por las sombras y solamente una especie de unión entre ambos va a conservar su independencia.²⁶

En nuestro mundo inmediato el espacio y el tiempo pueden estar separados debido a las bajas velocidades que se dan. Pudiera parecer que en el espacio-tiempo todo depende del estado en el que se encuentre el observador, sin embargo existe una magnitud invariable. De la unión del espacio y el tiempo nace una magnitud híbrida y absoluta llamada intervalo. En realidad ya nos servimos de esta magnitud cuando medimos el tiempo con los relojes ópticos. Cuando hablamos de años-luz estamos uniendo el espacio con el tiempo y viceversa, es lo mismo que hacemos cuando decimos que tal lugar está a diez minutos de aquí.²⁷ Ciertamente, el universo cuadridimensional es diferente, pero no por su tetradimensionalidad, a la que estamos acostumbrados desde siempre, sino por las nuevas propiedades derivadas del límite en la velocidad de la luz. Pero ¿qué es el intervalo? Veámoslo con cierto detenimiento.

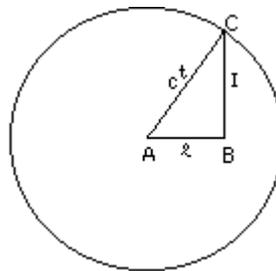
²⁶ Minkowski, H., "Raum und Zeit". Conferencia pronunciada el 21 de septiembre de 1908 en Colonia, en Lorentz, Einstein, Minkowski, *Das Relativitätssprinzip*. Teubner, Stuttgart, 1982, p. 54.

²⁷ Para expresar la cotidianidad de la idea de tetradimensionalidad H. G. Wells se sirve del siguiente ejemplo es su novela *La máquina del tiempo*: "He aquí el retrato de un hombre a los ocho años, otro a los quince, otro a los diecisiete, otro a los veintitrés, y así sucesivamente. Todas éstas son sin duda secciones, por decirlo así, representaciones Tri-Dimensionales de su ser de Cuatro Dimensiones, que es una cosa fija e inalterable". *Op. cit.*, traducción de Nellie Manso de Zúñiga, Anaya, Madrid, 1995, p. 34.

Dos fenómenos A y B están separados por una distancia l y un tiempo t . Si medimos el tiempo en segundos-luz, éste se expresará mediante el producto ct . Si representamos gráficamente las relaciones que se producen entre el espacio, el tiempo y el intervalo (I), tenemos que formar un triángulo rectángulo en el que el tiempo corresponde a la hipotenusa, el espacio a un cateto y el intervalo al cateto restante.

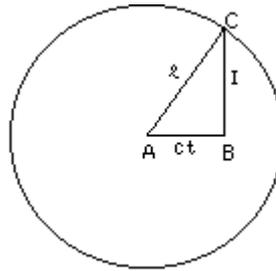


Mediante el teorema de Pitágoras obtenemos la siguiente expresión: $I^2 = c^2 t^2 - l^2$, en la que aunque c , t y l varíen dependiendo del observador, I conserva su valor con independencia de los diferentes observadores. Debido a la enorme velocidad de la luz, en nuestro mundo ct es siempre mayor que l , siempre que esto se cumpla estaremos ante un intervalo temporal. Veámoslo gráficamente:²⁸



El orden en que acaecen dos sucesos cuyo intervalo es temporal es igual para cualquier observador. Un suceso A es causa de un suceso B si y sólo si su intervalo es temporal. Para invertir la causalidad el observador tendría que moverse a una velocidad superior a la de la luz. 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. Cuando el espacio (l) es mayor que el tiempo (ct) se dice que el intervalo entre ambos sucesos es espacial, en tal caso la expresión anterior se torna en esta otra: $I^2 = l^2 - c^2 t^2$.

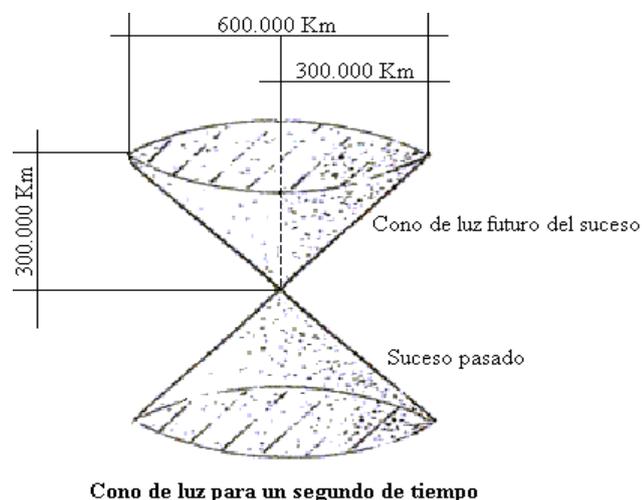
²⁸ Tanto el gráfico que se presenta a continuación como el siguiente están extraídos, aunque con modificaciones, del libro de Bertrand Russell: *ABC de la relatividad*. Ed., cit. 48.



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. Esto ocurre porque para que un suceso A sea causa de un suceso B, estando separados por un intervalo espacial, el efecto de A tendría que superar la velocidad de la luz. Dicho de otro modo, los intervalos espaciales dejan a los sucesos incausados.

VII.3.6. El espacio-tiempo fantasma de Minkowski.

En 1908 Hermann Minkowski, antiguo profesor de Einstein en el Politécnico de Zurich, elaboró una representación geométrica del espacio-tiempo que puede representarse de esta manera para un segundo:

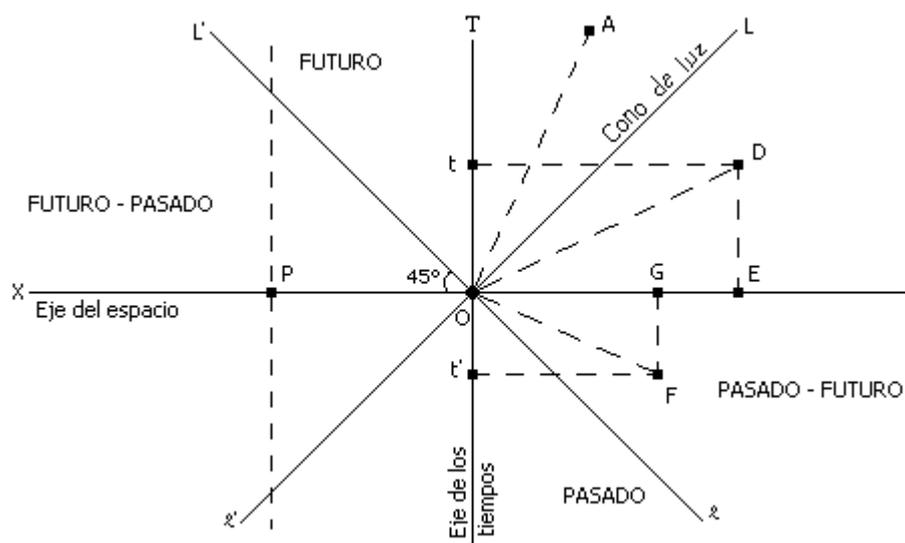


Pero para comprender cabalmente su representación debemos aclarar ciertos conceptos previos:

Se llama “línea universal” al avance temporal de cada punto-suceso que representa el conjunto de sucesos que han interactuado con él durante toda su existencia; también determina el lugar que el punto-suceso ocupa en el mundo

tetradimensional o espacio-temporal. En la representación minkowskiana tenemos, pues, una línea que se desplaza espacialmente por el eje X y temporalmente en el eje Y, llamados respectivamente eje del espacio y eje de los tiempos. Un rayo de luz se desplaza a gran velocidad por el eje del espacio mientras que asciende por el eje de los tiempos; como su velocidad no es infinita la línea que describa tendrá una cierta inclinación.²⁹ Como el espacio tiene tres dimensiones y la luz es isótropa, es decir, se expande en todas direcciones con igual velocidad, tenemos que la línea de la que hablamos describe, en realidad, un cono llamado “cono de luz”. Todo lo que caiga fuera del cono de luz en un tiempo dado se encontrará separado por un intervalo espacial, mientras que lo que acaezca en su interior lo separará un intervalo temporal.³⁰ Dicho de otro modo, los sucesos que forman las líneas universales que tengan un ángulo de inclinación más agudo respecto del eje de los tiempos que el formado por un rayo de luz, se encuentran interconectadas por relaciones causales; mientras que los sucesos representados por líneas universales que formen un ángulo más agudo respecto del eje del espacio que el formado por un rayo de luz, escapan a la relación causa-efecto.

Veamos todo esto en un gráfico más detallado:



Al fijar en un segundo el tiempo para el gráfico de Minkowski, tendremos que el cono de luz representa un segundo hacia el futuro (cono L'-O-L).

²⁹ En la representación de Minkowski la inclinación es de 45°.

³⁰ Sklar, L., *Filosofía de la física*. Versión española de R. Álvarez Ulloa, Alianza, Madrid, 1994, p. 57.

Paralelamente, el pasado formará un cono de luz invertido que representa un segundo hacia atrás en el tiempo (cono l'-O-l). En el gráfico, P representa un punto-suceso inmóvil en el espacio y A un punto-suceso conectado causalmente con nosotros. La porción de Universo que queda fuera de los conos de luz del futuro absoluto y del pasado absoluto representan dos cosas: Por un lado tenemos sucesos que habiendo ocurrido ya, su señal todavía no nos ha llegado, con lo cual, desconocemos su existencia. Tal es el caso del punto-suceso F, producido en un lugar G en un tiempo t' . La representación gráfica de tales sucesos cae fuera de los conos de luz pasado y futuro y debajo del eje espacial, pertenecen a un pasado con características de futuro. Por otro lado encontramos sucesos que para nosotros todavía no han ocurrido, puesto que todavía no se han producido, pero que cuando ocurran su señal todavía tardará un tiempo en alcanzar nuestro cono de luz futuro. Como ocurre con el punto-suceso D, producido en el lugar E y en el tiempo t. Estos sucesos caen igualmente fuera de ambos conos de luz, pero por encima del eje X, por lo que decimos de ellos que pertenecen a un futuro con características de pasado.³¹

Todos estos fenómenos obedecen a la existencia de un límite superior en la velocidad de propagación de la luz o de cualquier otra señal electromagnética, como ocurría en el ejemplo del tren.

VII.4. Teoría de la relatividad general.

VII.4.1. La “fuerza” de gravedad.

La Teoría de la relatividad especial concluía la equivalencia sólo de los sistemas galileanos, es decir, sistemas dotados de movimiento rectilíneo y uniforme. Todos los sistemas galileanos eran equivalentes para la descripción de las leyes de la naturaleza. Ocurre aquí lo que siempre sucede al teorizar, que se toma un modelo ideal, el cual se aproxima a lo que realmente se da en el mundo, pero jamás lo encontramos fuera de las ecuaciones. Los sistemas que en realidad nos encontramos, al menos en la Tierra, no son galileanos porque están sometidos a la aceleración que

³¹ Cfr., Einstein, A., *El significado de la relatividad*. Traducción de Carlos E. Prélat y Albino Arenas Gómez, Espasa-Calpe (Planeta-De Agostini), Barcelona, 1985, pp. 92-93.

les imprime la fuerza de gravedad. Para que la teoría tuviera una validez general debía, pues, dar cuenta también de los sistemas acelerados, es decir, debía ser una teoría de la gravitación.

Según Newton, la fuerza gravitatoria es directamente proporcional al producto de la masa de los cuerpos e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que media entre ellos, y se propaga con velocidad infinita.³² La particularidad de esta fuerza hizo desconfiar tanto a Newton como a muchos físicos posteriores, puesto que hacía una distinción excesivamente marcada entre los fenómenos mecánicos y los fenómenos gravitatorios. A Einstein le preocupaba este punto e ideó un experimento mental para demostrar que la separación entre fenómenos mecánicos y fenómenos gravitatorios era, en realidad, injustificada. La gravedad se puede traducir, como toda fuerza, en una aceleración, por eso imaginó lo que sucedería si se eliminasen los efectos de la aceleración a que estamos sometidos constantemente por la gravedad. Para ello imaginó a una persona dentro de un cajón que puede ascender y descender a $9,8 \text{ m/s}^2$ para provocar y contrarrestar el efecto gravitatorio. Digamos que ese cajón es, por ejemplo un ascensor, este está en reposo sobre la Tierra, si la persona que va dentro deja caer un objeto cualquiera, como una llave, ésta caerá con una aceleración de $9,8 \text{ m/s}^2$ correspondiente a la gravedad que están experimentando. Supongamos ahora que el ascensor ha sido transportado por una nave espacial a una región libre de fuerzas gravitatorias y se le deja libre. Ahora ni el hombre ni su llave experimentan peso alguno, ambos flotan en el interior del ascensor como pompas de jabón. Supongamos ahora que la nave espacial tira del cable del ascensor con una aceleración de $9,8 \text{ m/s}^2$ poniéndolo así en marcha. La situación vuelve a ser igual que la que se daba en la superficie terrestre. El suelo del ascensor ejerce presión sobre los pies del hombre y la llave deja de flotar para quedar tirada por el suelo. De regreso a la Tierra, el ascensor queda suspendido de una torre muy alta de la que comienza a descender 981 centímetros cada segundo, es decir, en caída libre. En su interior las masas se tornan nuevamente ingravidas y flotan igual que lo hicieron en el espacio exterior antes de ponerse el ascensor en marcha. Además de estas comprobaciones, el hombre del ascensor llevó consigo una linterna que usó para comprobar la curvatura que

³² Cfr. supra, 39 nota 60, 96, 97 y 100 nota 32.

experimenta un haz de luz sometido a las diferentes situaciones acaecidas. Cuando el ascensor estaba en reposo en la superficie terrestre proyectó el haz de luz comprobando que estaba ligeramente curvado por la acción de la gravedad. En el espacio ingravido el haz de luz se proyectó en línea recta cuando se encontraba en reposo, pero se curvó cuando el ascensor aceleró. Cuando el ascensor bajó de lo alto del edificio como si se lo dejara caer, el haz de luz se proyectó de manera rectilínea. Un observador que se encontrara fuera del ascensor interpretaría las cosas tal y como las hemos contado. Pero el sujeto de dentro sólo experimentaría la acción de la gravedad y su ausencia de manera periódica.³³

Supongamos ahora que la tierra girase 17 veces más rápido de lo normal, es decir, que diera una vuelta sobre su eje en 85 minutos. La fuerza gravitatoria estaría contrabalanceada y equilibrada en el ecuador por la acción de la fuerza centrífuga. El campo gravitatorio estaría localmente suprimido por este hecho mecánico. En el ecuador no habría gravedad, todo flotaría y un objeto que arrojáramos proseguiría su trayectoria rectilínea en el espacio. Nosotros mismos podríamos despegar de la Tierra dando un pequeño salto. Variando las aceleraciones podemos recrear toda suerte de campos gravitatorios.

La interpretación que se da a una fuerza depende del conocimiento que tengamos de cómo se origina. Además, la fuerza gravitatoria depende del estado de movimiento del observador, es relativa al sistema de coordenadas al que se la refiere. Hemos visto cómo sus efectos son anulados mediante un dispositivo mecánico, lo cual hizo pensar a Einstein que los fenómenos gravitatorios y los mecánicos son solamente dos maneras de entender la misma cosa.

Sir Arthur Stanley Eddington (1882-1944) razonó en 1928 que un cuerpo atraído por la Tierra observaría la fuerza de gravedad no como una atracción, sino como un fenómeno que hace que todo lo demás ascienda aceleradamente:

La fuerza de la gravitación no puede ser una fuerza que actúe sobre un cuerpo, pues, en caso contrario, sería posible discernir sobre cual de los dos cuerpos se ejerce susodicha fuerza.³⁴

³³ Cfr. Cecil Dampier, W., *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*. Traducción de Cecilio Sánchez Gil, Tecnos, Madrid, 1997, pp. 431-434.

³⁴ Eddington, A.S., *La naturaleza del mundo físico*. Edit. Sudamericana, Buenos Aires, 1945, p. 148.

Parece, pues, que la gravitación no es, en rigor, una fuerza y que la aceleración y la gravedad son equivalentes.

VII.4.2. El principio de equivalencia.

Imaginemos que dos objetos de diferentes masas son arrollados por un coche que está acelerando. Desde el sistema de referencia del vehículo veremos a ambos objetos acercarse con idéntica aceleración independientemente de que uno tenga una masa mucho mayor a la del otro. Idéntico fenómeno ocurre cuando soltamos esos dos mismos objetos desde una torre si despreciamos la resistencia del aire. Eso es lo que Galileo quiso probar con su famoso “experimento de Pisa”.³⁵ A este hecho se debe que el hombre del ascensor no pueda distinguir si se encuentra en reposo en un campo gravitatorio, o si se mueve con aceleración constante en un campo carente de gravedad.

En física se distinguen dos tipos de masa: la masa inerte o inercial y la masa pesante o gravitacional. Por masa inerte se entiende la resistencia que los cuerpos manifiestan a ser puestos en movimiento o a ser acelerados si ya se están moviendo. Por masa gravitatoria o pesante se entiende la tendencia de los cuerpos a ser atraídos hacia abajo debido a la acción de la gravedad. Que ambas masas eran proporcionales se desprendía del hecho de que los cuerpos pesados son también más inertes.

Newton conocía esta sorprendente proporcionalidad entre ambas masas, pero tanto él como sus sucesores no le prestaron toda la atención que merecía.³⁶ El que sí prestó atención a este hecho fue Einstein, el cual vio en él la manifestación de un único efecto físico. Una vez eliminada la idea de concebir la gravedad como una fuerza, la inercia se desveló como la única directriz del movimiento. Recordemos

³⁵ Sobre si este experimento se realizó o no ver los siguientes artículos de Alexandre Koyré: *Galileo et l'expérience de Pise: Exprès d'une légende*. Annales de l'Université de París, París, 1937, pp. 442-453. *De motu gravium de Galileo: de l'expérience imaginaire et de leur abus*. Revue d'histoire des sciences et de leurs applications, Paris, Presses Universitaires de France, t. XIII. 1960, pp. 197-245. *Traduttore-traditore: Exprès de Copernic et Galileo*. Isis, 1943, vol. XXXIV. Núm. 95, pp. 209-210. Todos ellos recogidos en Koyré, A., *Estudios de historia del pensamiento científico*. Traducción de Encarnación Pérez Sedeño y Eduardo Bustos, Siglo XXI, México, 1990.

³⁶ Esta proporcionalidad fue evidenciada, como hemos dicho, por Galileo en el experimento de Pisa y posteriormente por el barón húngaro Roland von Eötvös mediante experimentos muy precisos con péndulos. Cfr. Ducrocq, A., *La aventura del cosmos*. Traducción de Antonio Rivera, Labor, Barcelona, 1968, pp. 59-62.

que el mundo para la Teoría de la relatividad es espacio-temporal. Recordemos también que según la ley de inercia, la trayectoria que siguen los cuerpos abandonados a sí mismos, es decir, en ausencia de fuerzas, es la más corta entre dos puntos. Recordemos, por último, que la gravedad no es una fuerza para Einstein. Entonces ¿por qué se curvan las trayectorias en los campos gravitacionales? La respuesta de la nueva teoría es que el espacio-tiempo se curva por la acción de objetos masivos. Los objetos no curvan sus trayectorias por la acción de una fuerza fantasmal, sino que es la estructura geométrica del espacio-tiempo la que se encuentra curvada, en ella reside la clave. Los objetos siguen su trayectoria rectilínea, sólo que esa “recta” está curvada.

Que un objeto vaya en línea recta o que describa una curva no depende ya de que sus movimientos se encuentren sometidos o no a la acción de fuerza alguna, sino que depende de la geometría del espacio-tiempo. En un espacio plano la gravitación toma forma de inercia, y en un espacio curvo la inercia se manifiesta como gravitación. Se eliminan así las diferencias establecidas por la Física newtoniana, dando cuenta una sola ley de la inercia y de la gravitación, dos caras de una misma moneda.

Gracias al principio de equivalencia es posible enunciar un principio de covarianza general, puesto que toda aceleración puede ser interpretada como producida por un campo gravitatorio.³⁷ Por eso este principio se puede enunciar así:

En un campo gravitatorio arbitrario es posible elegir, en todo punto del espacio-tiempo, un “sistema de coordenadas localmente inercial” tal que, dentro de una región suficientemente pequeña del punto en cuestión, las leyes de la naturaleza tomen la misma forma que en un sistema de coordenadas cartesianas no acelerado en ausencia de gravitación.³⁸

Una consecuencia de la curvatura del espacio-tiempo es que los rayos de luz también se curvan. La Teoría de la relatividad preveía tal desviación en 0,83'' de arco y las posteriores observaciones en eclipses la confirmaron. Como consecuencia de ello la velocidad de la luz deja de ser constante en presencia de campos

³⁷ En un *campo* no intervienen fuerzas instantáneas a distancia, sino que los sucesos se propagan por la suma de pasos infinitesimales de un punto a otro, los fenómenos físicos no se ven afectados por fuerzas, sino por el espacio que las rodea, el cual, para explicar los fenómenos físicos que se dan en él, ha de tener una geometría propia.

³⁸ Weinberg, S., *Gravitation and Cosmology*. John Wiley and Sons, New York, 1972, p. 68. *Apud.*, Sánchez Ron, *Op. cit.*, 129.

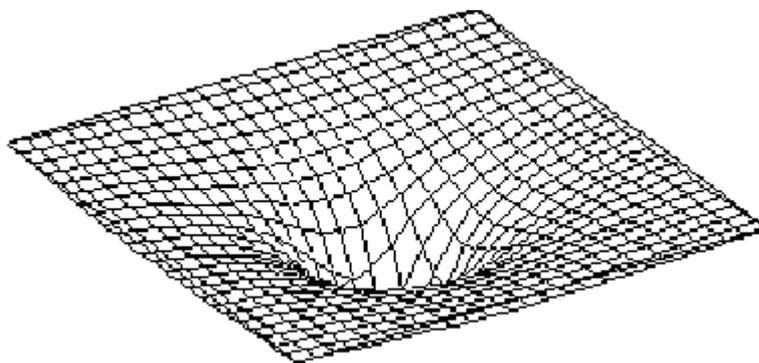
gravíficos.³⁹ De este modo, la velocidad de la luz se entiende como una función de la posición dentro de un campo gravitacional:⁴⁰

$$c(\Phi) \equiv c \left[1 + \frac{\Phi}{c^2} \right]$$

¿Contradice esto a la Teoría de la relatividad especial y general? Según Einstein no, solamente limita la validez de la relatividad especial a espacios libres de campos gravitatorios.

VII.4.3. Gravitación, una geometría no-euclídeana.

La teoría de Einstein establece que la gravitación se debe a la curvatura espacio-temporal provocada por la materia. Esto significa que tanto la estructura geométrica del espacio, como el transcurrir del tiempo, se verán alterados por la acción de dichas masas. La fuerza de atracción de la que habla la mecánica newtoniana no es sino la deformación que sufre el espacio y el tiempo, o hablando con más propiedad, el espacio-tiempo. El valor de tal deformación varía de un punto a otro por tratarse de un espacio curvo, es decir, no euclídeo, pero como regla general se traduce en una contracción del espacio y una dilatación del tiempo. Recordemos que esto ya sucedía en el experimento ideal del tren que vimos al hablar de la Teoría de la relatividad especial, sólo que entonces no sabíamos que la aceleración y la gravedad eran fenómenos equivalentes.



Deformación del espacio tiempo por la presencia de un cuerpo masivo.

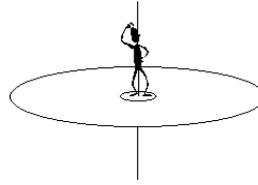
³⁹ Cfr. Einstein, A., “Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes” en *Annalen der Physik* 35 (1911). Recogido en el libro de Lorentz-Einstein-Minkowski, *Das Relativitätsprinzip*. Teubner, Stuttgart, 1982, pp. 72-80.

⁴⁰ Cfr. Sánchez Ron, J. M., *Op. cit.*, 131.

La velocidad de propagación de la perturbación provocada por un objeto masivo no es infinita, sino que tiene como máximo la velocidad de la luz. En los lugares donde el influjo de las masas es despreciable la geometría vuelve a ser plana, es decir, euclídea. Se pone así de manifiesto la íntima relación del espacio, el tiempo y la masa. Si a esto le añadimos que la masa es energía (o la energía masa diluida) según se expresa en la ecuación $E = mc^2$, podemos hacernos una idea de la colosal síntesis einsteiniana.⁴¹ Además se trata de magnitudes relativas, todas ellas varían con la velocidad. El tiempo varía conforme a la expresión $\frac{t}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$, el espacio según $\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$, y la masa sigue esta fórmula $\frac{m_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$. Sólo si el tiempo fuera absoluto la masa sería constante, ya estuviera en reposo o en movimiento.

Hemos dicho que los campos gravitatorios contraen el espacio y dilatan el tiempo haciendo más pequeñas las reglas o varillas métricas y atrasando los relojes. Pero para entender mejor estos fenómenos nos serviremos de un experimento mental ideado por Einstein, nos referimos que expone en el § 23 de *Sobre la Teoría de la relatividad especial y general* con el título *El comportamiento de relojes y reglas sobre un cuerpo de referencia en rotación*. Más conocido como “*el experimento del disco*”. Este experimento ideal consiste en imaginar una superficie circular que gira alrededor del eje vertical que pasa por su centro, es decir, como un disco de vinilo en el tocadiscos, o más acorde con los nuevos tiempos un DVD en su correspondiente lector. Midamos ahora la relación entre el borde del disco y su diámetro. Para ello supondremos, dado lo breve de la medición, que la trayectoria del punto del borde elegido es rectilínea. Evidentemente, antes de comenzar a rotar el disco la relación nos daba como resultado el número π , pero ¿qué sucede ahora? Nosotros nos situamos en el centro del disco, el cual se halla en reposo. Tomamos nuestro metro y medimos el perímetro, nuestra regla, al estar en movimiento, se contrae. Luego medimos el diámetro, ahora nuestra regla no se contrae porque se encuentra en dirección normal al movimiento del disco. La relación encontrada nos arroja un valor mayor que el del número π , puesto que el diámetro es el mismo pero el perímetro es mayor al haber “encogido” la regla.

⁴¹ Cfr. supra, 137.



Si ahora buscamos la misma relación para las infinitas circunferencias concéntricas que se dan dentro del disco, encontraremos que para cada una de ellas tenemos un valor diferente. Si llamamos π al valor que se obtiene del cociente entre el perímetro y el diámetro, diremos que π tiene un valor diferente para la circunferencia descrita por cada punto del radio de nuestro disco giratorio. Esto sucede porque la velocidad angular es menor según nos acerquemos al centro, haciéndose cero en el eje, donde nos encontramos nosotros.

Con la sola rotación hemos tornado la geometría de una superficie de euclídea a no euclídea, pero aún hay más. Pongamos un reloj en el centro del disco y otro en la periferia. Cuando el disco estaba en reposo ambos marchaban a lo unísono, pero ahora el reloj del borde atrasa debido a su velocidad. Si instalamos relojes por los puntos interiores del radio del disco observaremos, paralelamente a lo que ocurría con el valor de π , que los segundos se contraen a medida que nos acercamos a su eje central.

Lo que sucede en el disco sucede también, en virtud del principio de equivalencia, en la cercanía de grandes masas. Tan sólo hay que hacer una salvedad. El experimento del disco describe un campo centrífugo, en este tipo de campos son las longitudes en la dirección tangencial al movimiento las que se acortan, permaneciendo invariables en el sentido radial. Los campos gravílicos (F), sin embargo, funcionan a la inversa, es decir, las longitudes se acortan en la dirección radial y no en la tangencial, obteniendo así un diámetro mayor cuanto mayor sea la intensidad del campo observado. Debido a esto, en un campo gravitatorio el cociente entre el perímetro y el diámetro nos arroja un número menor que π , o si se prefiere, π será menor que su valor canónico.

Si queremos reformular lo dicho para los ángulos interiores de un triángulo, diremos que para un campo centrífugo valen más que dos rectos, pero para un campo gravílico su valor es menor que dos rectos. En ambos campos el V postulado

de Euclides no funciona, pero para un campo centrífugo el número de paralelas que podrían pasar por un punto exterior a una recta dada es infinito, mientras que en un campo gravífico no puede pasar ninguna. Por otro lado, el grado de curvatura para un campo centrífugo es menor que cero, para el gravífico es mayor que cero. Resumiendo, un campo centrífugo tiene una geometría hiperbólica, mientras que el campo gravitatorio tiene una geometría esférica. Si nos fijamos en una superficie esférica el valor de π es menor que su valor canónico, no hay paralelas y la suma de los ángulos interiores de un triángulo es menor que dos rectos. Einstein extrajo como conclusión que la gravedad curva esféricamente al mundo dotándolo de una geometría no euclideana.

VII.4.4. ¿Cómo manejar un espacio curvo? Coordenadas gaussianas y cálculo tensorial.

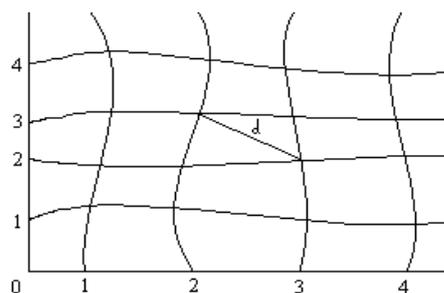
Imaginemos un espacio-tiempo gelatinoso y una cuadrícula flexible rodeando su superficie. Las cuadrículas aparecerían deformadas, curvándose de múltiples maneras. Pese a eso, si numeramos la red de cuadrículas podemos localizar cada punto de la red mediante dos números, al igual que hacemos en una superficie plana. Las coordenadas resultantes reciben el nombre de *coordenadas gaussianas* en honor de su creador Carl Friedrich Gauss (1777-1855). Como el espacio-tiempo es tetradimensional, necesitamos cuatro coordenadas para definir un punto del nuevo Universo.

No podemos representarnos una imagen de esta estructura, pero podemos dar cuenta de ella merced a la matemática. Estos puntos son espacio-temporales por lo que los llamaremos puntos-suceso. Con este sistema aún no sabemos nada de las relaciones de medida (métrica), pues las coordenadas de nuestra red no nos lo permiten debido a su deformación. Hasta ahora sólo podemos estar informados, lo cual no es poco, sobre las relaciones de orden (topología) de este gigantesco “molusco” que es el Universo.⁴²

⁴² Einstein llama “molusco” a un cuerpo de referencia no rígido el cual, visto como un todo, no sólo tiene un movimiento arbitrario, sino que durante su movimiento sufre alteraciones arbitrarias en su forma. Cfr. *Sobre la Teoría de la relatividad especial y general*. Ed. cit., § 28 y 29, 66-70.

Recordemos que cada punto de un universo tetradimensional describe una línea universal. En nuestro Universo molusco estas líneas se curvarán todo lo que se quiera, pero las coordenadas gaussianas las acompañarán solidariamente en todas sus deformaciones. De esta manera los puntos-suceso que se correspondan con la intersección de dos líneas universales quedan invariables, ya que son independientes de cualquier sistema de coordenadas.⁴³ En un Universo de continuas relatividades encontramos, por fin, algunas propiedades absolutas como son los puntos de corte de las líneas universales, su número y su ordenación. Si conociéramos los puntos de intersección de todas las líneas universales conoceríamos la historia del Universo.

Hasta ahora podíamos determinar la topología de este espacio, pero no su métrica. Construir la métrica del gelatinoso espacio-tiempo no fue sencillo, Einstein tuvo que pedir ayuda a un amigo y compañero de estudios, el matemático Marcel Grossmann, experto en geometría diferencial o cálculo absoluto. Einstein y Grossmann, haciendo uso de las enseñanzas geométricas de Gauss y Riemann y el cálculo tensorial de Cristoffell de Ricci y Tullio Levi-Civita entre otros, consiguieron alcanzar el objetivo anhelado. La idea fundamental consiste en descomponer las superficies curvas en trozos infinitesimales, de esta manera podrán ser tratados como minúsculos planos sin curvatura. Un plano carente de curvatura es un plano euclídeo. Podemos, pues, manejar espacios no euclidianos mediante la integración de infinitos planos euclídeos infinitesimales.⁴⁴



Mediante la reformulación riemanniana del teorema de Pitágoras, junto con las coordenadas gaussianas, podremos medir la distancia entre dos puntos del espacio estableciendo así su métrica. De ésta guisa encontramos los llamados “coeficientes métricos”, tres de ellos expresan un plano, seis un espacio

⁴³ Vid., pte., VII.3.6.

⁴⁴ Cfr. Papp, D., *Op. cit.*, 210.

tridimensional y diez el espacio tetradimensional de la teoría emergente. Mediante estos diez factores métricos se obtiene tanto la curvatura como las propiedades geométricas de un fragmento de Universo, lo que equivale a decir la intensidad de su campo gravítico, su estado físico. Pero lo más impresionante de este cálculo es que las distancias obtenidas tienen valor absoluto, es decir, sirven para cualquier sistema de coordenadas, para observadores inerciales y no inerciales. Queda, por tanto, suprimido el privilegio que ostentaban los sistemas galileanos en la teoría especial.

No obstante, regresemos a un concepto que vimos en la mencionada teoría restringida, nos referimos al intervalo. Decíamos que este representa la medida entre dos puntos del espacio-tiempo, o si se prefiere, la línea universal más corta que une dos puntos-suceso, sólo que entonces el espacio era euclidiano. En un espacio-tiempo curvo, estos intervalos vendrán dados por líneas geodésicas.⁴⁵ Si entendemos en la ley de inercia rectilíneo como geodésico encontramos la nueva ley del movimiento.

Los diez factores métricos se reúnen en una magnitud que recibe el nombre de tensor. El tensor relaciona la geometría del espacio-tiempo con la distribución de materia y energía, siendo independiente del sistema de coordenadas elegido, por lo que permite a éste ser arbitrario, variando solamente los coeficientes métricos (g). El tensor al que nos referimos es, pues, válido para cualquier sistema de coordenadas y se llama, concretamente, tensor métrico o gravitacional, siendo su expresión la siguiente: $ds^2 = g_{11}dx^2 + g_{12}dxdy + g_{21}dydx + g_{22}dy^2$. Las ecuaciones de campo forman un sistema de diez ecuaciones diferenciales de cuatro dimensiones, que relacionan la geometría del espacio-tiempo (G) con la distribución de materia y energía (T): $G_{mn} = 8\pi T_{mn}$ en donde $(m,n) = (0,1,2,3)$.

VII.4.5. Verificaciones de la Teoría de la relatividad.

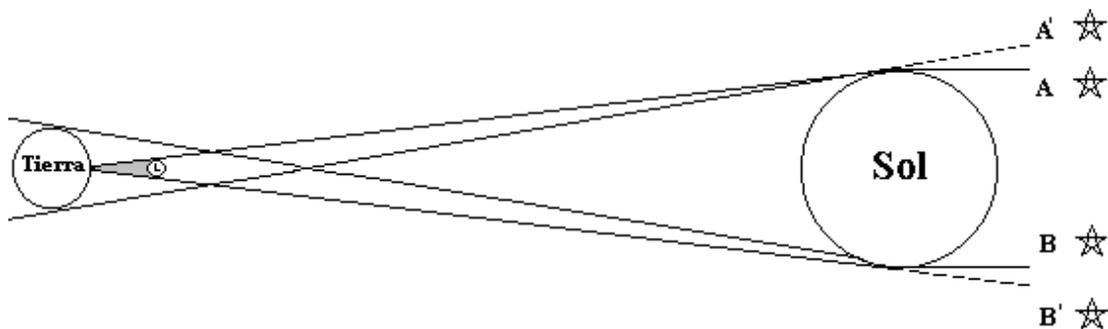
La teoría newtoniana presentaba algunas dificultades, sus predicciones para algunos fenómenos no eran todo lo precisas que hubiera sido deseable. Entre estas dificultades se encuentran la precesión del perihelio de Mercurio, los nodos de la

⁴⁵ Cfr. inf., 215, 220, 223.

órbita de Venus, el desplazamiento del perihelio de Marte, la excentricidad en la órbita de Mercurio, la anomalía en el movimiento del cometa Encke (que tampoco explica la relatividad general) y la irregularidad del movimiento de la luna.

El éxito en la predicción de la precesión del perihelio de Mercurio por parte de la nueva teoría supuso su primera verificación experimental. Urbain Le Verrier encontró un fallo de 43'' de arco en un siglo, las ecuaciones relativistas predecían que se produciría un desplazamiento periheliaco de Mercurio de 42,89'' de arco en ese periodo. Este desplazamiento también es apreciable en los perihelios de la Tierra y de Marte.

Sir Arthur Stanley Eddington observó un eclipse el 29 de mayo de 1919, los resultados obtenidos fueron sorprendentemente acordes con los cálculos relativistas. La idea del experimento consiste en que si los rayos de un astro durante su trayecto hacia nosotros tienen que atravesar el campo gravitatorio solar, deberán curvarse, abandonando así su camino rectilíneo.⁴⁶



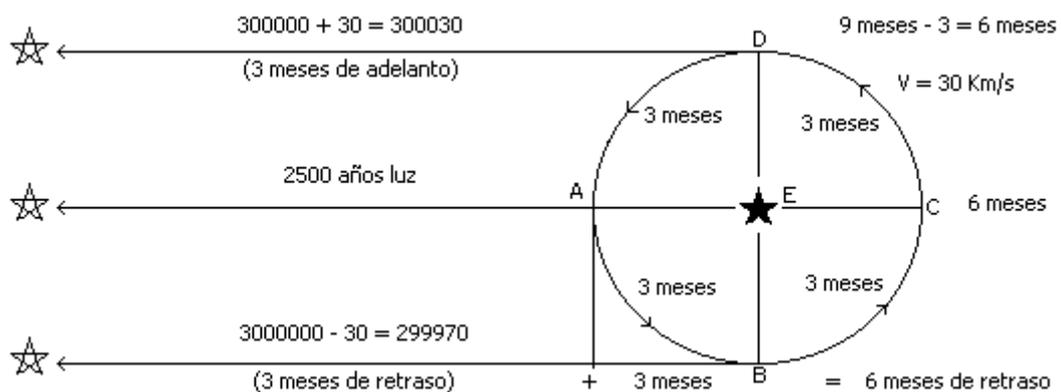
Como consecuencia de ello, los astros aparecerán desplazados respecto de los lugares que realmente ocupan. En el gráfico, la estrella A se verá en la posición aparente A' y respectivamente la estrella B en B'. Como los astros situados alrededor del Sol sólo son observables cuando su brillo disminuye, el experimento tiene que ser realizado durante un eclipse. Los alrededores del Sol eclipsado se fotografían, y se comparan con fotos de la misma región celeste obtenidas cuando el Sol se encuentra en otro lugar de la eclíptica. La región seleccionada fue la de las Híades, un notable grupo de estrellas en la constelación del Toro.⁴⁷

⁴⁶ Reichenbach, H., *Átomo y cosmos. Concepción física actual del universo*. Traducción de J. Cabrera, Revista de Occidente, Madrid, 1931, p. 68.

⁴⁷ Para más detalles sobre este experimento véase: Papp, D., *Op. cit.*, 222-226.

La confirmación de la dilatación temporal, o efecto Einstein, se dio al interpretar a los átomos como diminutos relojes en los que la velocidad de los electrones indica el tiempo, como si se tratara de péndulos diminutos. De esta manera se logró relacionar el corrimiento al rojo del efecto Doppler con la dilatación temporal. A mayor longitud de onda se produce el corrimiento al rojo y la dilatación del tiempo, sucede algo parecido a lo que pasaba con el reloj óptico del tren.

Las estrellas dobles supusieron la confirmación de la constancia de la velocidad de la luz. Veamos brevemente en qué consiste, siguiendo la demostración de Émile Borel.⁴⁸



La fuente luminosa en movimiento es la estrella S, que en un año terrestre efectúa su recorrido alrededor del astro más grande E, al que podemos suponer en reposo. Sea la velocidad del astro S igual a la de la Tierra (30 Km/s), y el plano de su órbita coincida con el de la Tierra. La luz emitida por este sistema necesitaría dos mil quinientos años para llegar hasta nosotros. Observaremos cuatro posiciones del satélite: A, B, C, D, que se suceden cada tres meses. La luz de la estrella cuando se encuentra en la posición A tarda dos mil quinientos años en llegar hasta nosotros, pero en su trayectoria alrededor de E se traslada con una velocidad angular de treinta kilómetros por segundo. Si el rayo que nos envía desde B ha disminuido su velocidad en treinta kilómetros (1/10000 partes de la velocidad de la luz), entonces éste, con respecto al que sale de A, debería retrasarse tres meses (1/10000 de dos mil

⁴⁸ Recogida por Desiderio Papp en *Op. cit.*, 161-162.

quinientos años). Pero, como la estrella llega a la posición B tres meses después de la posición A, la veremos en B seis meses más tarde de haberla visto en la posición A. De la posición C la luz nos llega en dos mil quinientos años, igual que desde A (podemos omitir los dieciséis minutos que tarda la luz de C hasta A). Como la estrella llega a C seis meses después que en A, la veremos allí seis meses más tarde de haberla visto en A. En su trayecto desde C hasta D, la estrella se aproxima hacia nosotros, y por eso su luz debe incrementar su velocidad en treinta kilómetros por segundo, y consiguientemente su rayo enviado desde D debe llegarnos en dos mil quinientos años menos tres meses. Sin embargo, como la estrella llega a D nueve meses después de haber pasado por A, veremos su luz a los seis meses de estar en A. Según esto deberíamos ver la estrella, tras seis meses de su paso por A, simultáneamente en los puntos B, C y D de su órbita. Es decir, si la velocidad de la luz no fuera constante, veríamos la estrella por triplicado. Las observaciones de este tipo de estrellas no revelan que la estrella aparezca triplicada, corroborando así la constancia de la velocidad de la luz.

Otra confirmación de la constancia de la velocidad de la luz son los mesones pi (ρ_0). Estas partículas subatómicas lanzan rayos gamma (γ) al desintegrarse, cuyos fotones se propagan a la velocidad de la luz (c). El experimento consistió en acelerar los mesones en un acelerador de partículas hasta una velocidad próxima a la de la luz, de esta manera cabría esperar que los rayos γ alcanzaran una velocidad cercana al doble de la velocidad de la luz. Sin embargo, los detectores arrojaron el valor de c . Este experimento se realizó por primera vez en Ginebra en 1964.

La equivalencia entre la masa y la energía ($E = mc^2$) ha sido probada en aceleradores de partículas y es aplicada en las centrales nucleares así como en las bombas atómicas.

De la relatividad del espacio y del tiempo encontramos múltiples pruebas en los aceleradores de partículas, la primera vez que se evidenció fue en el CERN en

1966. La radiación cósmica, así como relojes de gran precisión colocados en aviones que viajan de este a oeste y de oeste a este, corroboran esta predicción teórica.⁴⁹

VII.4.6. Los “efectos” relativistas del espacio y del tiempo.

Hemos visto cómo la contracción del espacio y la dilatación del tiempo son efectos que se han observado tanto experimentalmente como en la observación directa de la naturaleza. Pero los efectos relativistas espaciales y temporales causan un gran desconcierto cuando se aplican a los seres vivos generando “paradojas”. Veamos sucintamente la llamada *paradoja de los gemelos* o del *cosmonauta de Langevin*, una paradoja clásica en la Teoría de la relatividad.⁵⁰ Paul Langevin imaginó a un cosmonauta que viaja en una nave con una velocidad próxima a la de la luz. Al año de su viaje decide regresar a la Tierra a la misma velocidad con la que se alejó. Cuando llega a su punto de origen la duración total del viaje es, pues, de dos años, pero en la Tierra han pasado dos siglos.

Este experimento mental produjo una serie de opiniones encontradas. Por una parte estaban aquellos que interpretaban los efectos relativistas como aparentes, como por ejemplo: Louis de Broglie, Hans Driesch y Henri Bergson. Por otra parte Arthur S. Eddington, Hermann Weyl y Hans Reichenbach, por citar también a tres, sostenían que los efectos relativistas se producen realmente.

Si consideramos que el cuerpo del cosmonauta se ve sometido a los efectos espacio-temporales derivados de la enorme velocidad a la que viaja, debemos concluir que tales efectos son reales. Pero si consideramos las premisas de la teoría vemos que la cosa no está tan clara. Si un objeto se aleja de la Tierra, recíprocamente, la Tierra se alejará del objeto. La Teoría de la relatividad establece que las leyes de la naturaleza tienen la misma forma para todos los observadores (ley de covarianza general), son universales. Si fijamos el sistema de referencia en la Tierra sucederá lo que dice Langevin, pero si fijamos lo en la nave espacial debería suceder lo contrario. También puede suceder que consideremos primero un sistema

⁴⁹ Vid., Hawking, S., *El universo en una cáscara de nuez*. Traducción de David Jou, Crítica, Barcelona, 2002, p. 9.

⁵⁰ Cfr. Langevin, P., “L’Évolution de l’Espace et du Temps”. *Revue de Métaphysique et de Morale*, 19, n.º 4, 1911, pp. 455-466.

y después el otro, es decir, que primero sea la nave la que se aleja y luego sea la Tierra la que se acerca, con lo cual los efectos se anularían. Por último, podemos fijar el eje de coordenadas en un punto diferente a la Tierra o la nave. Bergson opinaba que debe suceder lo mismo que en la perspectiva espacial, si me alejo de un objeto éste se percibe más pequeño, pero cuando regreso a él las dimensiones se restablecen.⁵¹

La paradoja se soluciona al entender que los llamados “efectos relativistas” no son realmente efectos, sino la propia estructura subyacente del espacio-tiempo. La nave es observada desde la Tierra de una determinada manera y la Tierra es observada desde la nave de la manera recíproca. Lorentz pensaba que la contracción que propuso era un efecto físico, pensaba que los objetos se contraían realmente, que las moléculas se acercaban. Ni la Tierra ni el cosmonauta se contrae, tales “efectos” son propiedades del espacio-tiempo. Entender esa aparente contracción como un fenómeno físico real es erróneo. Los “efectos relativistas” del espacio y del tiempo no son reales como efecto intrínseco en los objetos, aunque sí como propiedad esencial del espacio-tiempo. Si el tiempo fuera algo esencialmente diferente en la Tierra y en la nave habría un problema para poder distinguirlo del espacio. Ciertamente, el tiempo es una magnitud más inherente al sistema de referencia, pero tiene una propiedad diferente al espacio y es su irreversibilidad. Las leyes de la física se formulan en un espacio de cuatro coordenadas (x, y, z, t) . Cuando se pasa de un sistema de referencia a otro las coordenadas cambian (x', y', z', t') y necesitamos una prescripción para saber cuanto valen las nuevas coordenadas respecto de las anteriores. Los nuevos valores nos lo proporciona el grupo de transformaciones espacio-temporales o transformaciones Lorentz (aunque Lorentz no viera así las cosas). El espacio-tiempo es la estructura de base que tiene tales propiedades de transformación en virtud de que la constante c es una magnitud absoluta. Como nada puede viajar más rápido que la velocidad de la luz, no se puede invertir el transcurrir del tiempo, conservando siempre su dirección. Si las ecuaciones de transformación no fueran aplicables a la naturaleza, las ecuaciones del electromagnetismo

⁵¹ Cfr. Bergson, H., *Duración y simultaneidad. (A propósito de la teoría de Einstein)*. Traducción y estudio preliminar de Jorge Martín, Ediciones del Signo, Colección Nombre Propio /6, Buenos Aires, 2004, en especial el cap. 4, pp. 111-165; v. t. apéndices pp. 227-259 y pp. 273-299.

cambiarían. La constante c es el producto de la constante dieléctrica y de la constante magnética. Estas constantes reflejan propiedades inherentes al medio. De hecho, la velocidad de la luz no es la misma en el diamante, en el agua, en el vacío o en un campo gravitatorio. En las ecuaciones de la física no hay magnitudes en sentido absoluto, tal cosa no es accesible a la experimentación humana, hay medidas de magnitudes, todo lo que ocurre está afectado por el proceso de medida. El grupo de ecuaciones de Lorentz necesita que el espacio se contraiga y el tiempo se dilate para poder pasar de un sistema de referencia a otro, para conservar las mismas leyes de la naturaleza para todo sistema de referencia, pero eso no quiere decir que las cosas cambien realmente, sólo cambian en relación con los relojes y las reglas de nuestro sistema de referencia.

Dado que el cosmonauta de Langevin se ve sometido a diversas aceleraciones debido a que frena y acelera para regresar a la Tierra, la nave espacial deja de ser un sistema animado por un movimiento rectilíneo y uniforme. Por consiguiente el astronauta experimentaría un “rejuvenecimiento” respecto del sistema de referencia terrestre. La paradoja se explica, pues, desde la relatividad general, pero no desde la teoría restringida. La teoría general de la relatividad no es dinámica porque no habla de fuerzas, sino de deformaciones en el espacio-tiempo, pero la confusión entre ambos aspectos nos recuerda a la confusión que tuvo Kant entre cinemática y dinámica en su libro acerca *Del movimiento y del reposo*.⁵² En él cometió algunos errores debidos a que no distinguió bien ambas perspectivas, lo cual le llevó a interpretar aspectos dinámicos como si fueran cinemáticos.⁵³

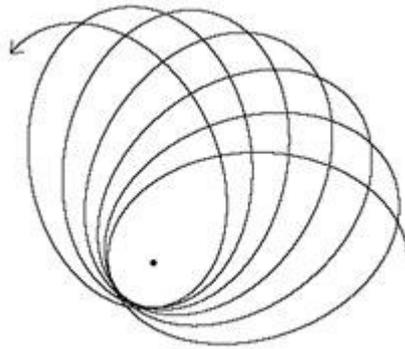
VII.4.7. Aspectos estéticos.

Einstein concedió mucha importancia al aspecto estético de su teoría. Las regularidades aparecen por todas partes, eliminando asimetrías de la Física newtoniana. Ejemplo de ello es la total equiparación entre espacio y tiempo (a excepción de la irreversibilidad de éste), la relatividad del espacio, el tiempo y la materia; y el movimiento periheliaco.

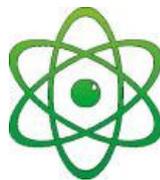
⁵² Cfr. supra, II.6.

⁵³ Cfr. *Neuer Lehrbegriff*, 103 (Ak., II, 18).

En efecto, la excentricidad de las órbitas planetarias había relegado al Sol a uno de sus focos. Además, el residuo que daban las mediciones en el movimiento de traslación de algunos astros (como Mercurio) era inexplicable desde la Mecánica clásica. Ante tal situación Einstein pone en movimiento las elipses explicando así el desplazamiento observado y restaurando al Sol a su lugar central.



Las órbitas de los planetas vuelven de esta manera a tener como centro el cuerpo celeste en torno al cual giran. Con el tiempo la figura que generan es similar a la siguiente:



VII.4.8. Otros Universos relativistas.

En virtud del principio de equivalencia todo sistema acelerado puede considerarse como un sistema inercial, pero situado en un campo gravitatorio. Igualmente podemos asimilar todo punto o región de un campo gravitatorio a un espacio en estado de aceleración. Aplicando este supuesto al espacio-tiempo de Minkowski se obtienen unos ejes de coordenadas curvos, que representan un espacio que se curva hacia la cuarta dimensión en presencia de un campo gravitatorio. La conclusión a la que se llega es que la gravedad no es una fuerza en sí misma, sino el resultado visible de una deformación del espacio-tiempo a causa de la presencia de una masa. Esta deformación queda definida por las ecuaciones de campo de Einstein y

así la gravedad queda reducida a pura geometría. Por medio del cálculo tensorial se puede llegar a la métrica desarrollada por Karl Schwarzschild (1873-1916) que es el caso más simple en la relatividad general, pero también se ensayaron otras métricas más complejas y otros Universos relativistas.⁵⁴ No es este el lugar de profundizar en estas cuestiones, por eso nos limitaremos a mencionar los modelos de Einstein, De Sitter y Lemaître-Fridman.

La teoría de Einstein indicaba que el Universo no era estático, sino que debía expandirse o contraerse. La expansión del Universo todavía no había sido descubierta, por lo que Einstein planteó la existencia de una fuerza de repulsión entre las galaxias que compensaba la fuerza gravitatoria de atracción. Esto le llevó a introducir una fuerza “antigravitatoria” que llamó “constante cosmológica”, también conocida como o “el término *ad hoc*“ (l) en sus ecuaciones, para devolverlo a un estado estático.⁵⁵ Sin embargo, desaprovechó la oportunidad de predecir la expansión del Universo, lo que Einstein calificaría como el mayor error de su vida:

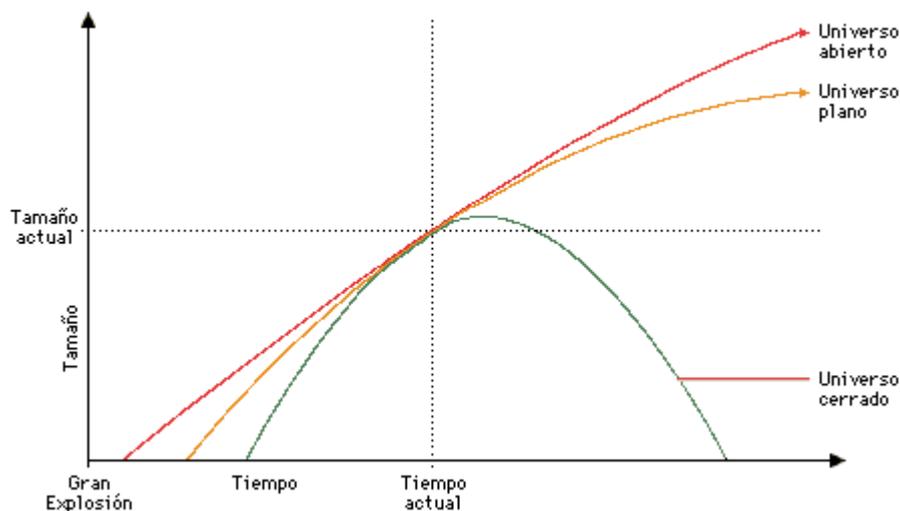
Einstein ignoró en un principio la carta donde Fridman describía la nueva solución y, después, cuando Fridman publicó sus resultados en *Zeitschrift für Physics* en 1922, Einstein escribió una nota breve a la revista con la demostración de que Fridman se equivocaba. En realidad, lo incorrecto era la prueba de Einstein y, al final, éste reconoció su doble error en una carta que envió a *Zeitschrift für Physics* en 1923.⁵⁶

El astrónomo holandés Willem de Sitter (1872-1934) desarrolló en 1917 modelos no estáticos del Universo. En 1922 lo hizo el físico soviético Alexander Fridman (1888-1925) y en 1927 el sacerdote belga Georges Lemaître (1894-1966). El Universo de De Sitter resolvió las ecuaciones relativistas de Einstein para un Universo vacío, de modo que las fuerzas gravitatorias no eran importantes. La solución de Fridman depende de la densidad de la materia en el Universo y es el modelo de Universo generalmente aceptado. Lemaître también dio una solución a la ecuación de Einstein, pero es más conocido por haber introducido la idea del “núcleo primordial”. Afirmaba que las galaxias son fragmentos despedidos por la explosión de este núcleo, dando como resultado la

⁵⁴ Sobre la métrica de Schwarzschild *vid.*, Rivadulla, A., *Revoluciones en física*. Trotta, 2003, pp. 244-249.

⁵⁵ Hawking, S., *Historia del tiempo*. Traducción de Miguel Ortuño, Crítica (RBA), Barcelona, 1993, p. 65.

expansión del Universo. Éste fue el comienzo de la teoría de la Gran Explosión (*Big Bang*) sobre el origen del Universo que desarrollaría George Gamow en 1948. De acuerdo con esta teoría, el Universo se originó entre hace 10.000 y 20.000 millones de años atrás y se ha ido expandiendo desde entonces. El futuro del Universo es incierto: la expansión podría ser limitada (Universo cerrado), contrayéndose el Universo sobre sí mismo, o podría ser infinita (Universo abierto), en cuyo caso el Universo seguirá expandiéndose siempre. En el caso límite entre estas dos posibilidades (Universo plano), tampoco cesará la expansión.



El destino del Universo de Fridman está determinado por la densidad media de la materia en el Universo. Si hay relativamente poca materia, la atracción gravitatoria mutua entre las galaxias disminuirá las velocidades de recesión sólo un poco y el Universo se expandirá indefinidamente. Esto dará como resultado un “Universo abierto”, infinito en extensión. Sin embargo, si la densidad de la materia está por encima de un valor crítico estimado actualmente en $5 \times 10^{-30} \text{ g/cm}^3$, la expansión descenderá hasta detenerse y llegar a la contracción, finalizando en el colapso gravitatorio total del Universo entero. Éste sería un “Universo cerrado”, finito en extensión. El destino de este Universo colapsado es incierto, pero hay una teoría según la cual explotaría de nuevo, originando un nuevo Universo en

⁵⁶ Robert Jastrow, “Have Astronomers Found God?” *The New York Times Magazine*, 25 de junio de 1978, p. 19. En Brian, D., *Einstein*. Traducción de Dulcinea Otero-Piñero, Acento, Madrid, 2005, p. 307.

expansión, que se volvería a colapsar, y así hasta el infinito; a este modelo se le llama “Universo oscilante o pulsante”.

VIII. Tipos de geometría.

VIII.1. La geometría en el sistema kantiano. VIII.2. Lo matemático. VIII.3. Geometría euclídea. VIII.3.1. Demostraciones y axiomas. VIII.3.2. Leibniz y el esquematismo kantiano. VIII.3.3. El postulado intuitivo. VIII.4. Geometría y física. VIII.5. Geometría analítica. VIII.5.1. Geometría cartesiana. VIII.5.2. Geometría diferencial. VIII.5.3. Incompletitud de los postulados euclidianos. VIII.6. Geometrías no euclidianas, antieuclidianas o astrales. VIII.6.1. El postulado de las paralelas. VIII.6.2. La curvatura. VIII.7. Formalismo, logicismo e intuicionismo. VIII.7.1. Kant como precursor de las geometrías no euclidianas.

VIII.1. La geometría en el sistema kantiano.

La filosofía racionalista entendió el conocimiento al modo de las magnitudes intensivas, es decir, hace de él una cuestión de grado. Se pensaba que el conocimiento sensible es conocimiento intelectual confuso. No obstante, tanto en uno como en otro, el conocimiento ha de posibilitar el reconocimiento de la cosa referida, ha de ser claro.

Para Kant la diferencia entre conocimiento sensible e intelectual no reside en el grado de complejidad y de exactitud del uno frente al otro. La diferencia es sustancial, se trata de un cambio cualitativo entre ambos tipos de conocimiento.

Como hemos visto en los escritos precríticos, Kant desea acabar con el dogmatismo evitando comenzar la reflexión metafísica con conceptos que no sean evidentes de suyo. De ahí que la metafísica tenga que buscar su propio método si quiere prosperar y comenzar por algo previo a los conceptos. Cuando Leibniz y Wolff definen conceptos tales como los puntos, las rectas o los números, encuentran muchas dificultades. Kant entiende por eso que la matemática no procede por conceptos sino por construcción de conceptos.⁵⁷ El espacio y el tiempo son las formas *a priori* de la intuición y también intuiciones puras *a priori*. La matemática es un tratamiento racional de estas intuiciones. La matemática (geometría y aritmética) necesita partir necesariamente de la intuición, no del concepto. A esto se puede objetar que Euclides definió el punto como “lo que no tiene partes”, de la línea dijo que es “una longitud sin anchura”, la línea recta fue definida así: “aquella que yace por igual respecto de los puntos que están en ella” y de la superficie dijo ser “lo que sólo tiene longitud y anchura”.⁵⁸ Pero sucede que Euclides en sus demostraciones no se sirve de estas definiciones, apelando a la intuición en lo fundamental.⁵⁹ Una vez constatada la insuficiencia de las definiciones de Euclides, los racionalistas buscarán mejores definiciones. Leibniz y Wolff rechazaron la intuición como solución. Leibniz llegó a decir:

⁵⁷ Cfr. *Proleg.* § 4, 55-63 (Ak., IV, 271-275). V. t. *KrV.*, A 713/B 741.

⁵⁸ Euclides, *Elementos*, I-IV. Introducción L. Vega, traducción y notas M^a. L. Puertas, Gredos, Madrid, 1991, p. 189.

⁵⁹ De todos modos, este tipo de reflexión acerca de los elementos primeros de la geometría y las posibles maneras de decir lo que son o lo que no son, han sido fundamentales para la filosofía y para la física. La aparición de las geometrías no euclidianas son buen ejemplo de ello.

La imaginación, presa en la experiencia de los sentidos, no nos permite figurarnos más de un encuentro de dos rectas, pero no es sobre eso sobre lo que se debe fundar la ciencia... No se debe creer que esa imaginación da el vínculo entre ideas distintas... Esa especie de imágenes no son más que ideas confusas, y aquel que no conoce la línea recta más que por ese medio será incapaz de demostrar nada sobre ella.⁶⁰

Kant en este punto defiende todo lo contrario, retomando una cuestión que dio mucho que pensar a Leibniz: la demostración de la imposibilidad del bilátero plano, diciendo, en clara contestación a la filosofía del de Leipzig lo siguiente:

Tomad la proposición: que no se puede encerrar un espacio con dos líneas rectas, luego no es posible una figura, e intentad deducirla del concepto de línea recta y de número dos; o que con tres líneas rectas es posible una figura, e intentadlo igualmente sólo con estos conceptos. Todo esfuerzo es inútil y os veis obligados a recurrir a la intuición, como hace siempre la geometría.⁶¹

Para Kant la recta no puede definirse, hay que trazarla en la imaginación trascendental. Pero debemos tener muy presente que cuando rechaza el tratamiento discursivo de la geometría no engloba en él la expresión numérica de las expresiones geométricas. En muchos puntos Leibniz recurre a un tratamiento simbólico que no tiene porqué oponerse a las ideas kantianas sobre la geometría. No conviene olvidar, pues, que Kant sólo considera dogmático el comenzar por definiciones discursivas, nunca se opuso al tratamiento analítico de la geometría.⁶²

El triángulo es una figura clave en la reflexión filosófica acerca de la geometría. Kant se sirve de la demostración de que los ángulos de un triángulo suman dos rectos para justificar la necesaria apelación a la intuición, incluso para probar las propiedades de los objetos. El caso del triángulo nos sirve para ejemplificar la naturaleza de los conceptos y definiciones geométricas. La definición del triángulo como “polígono de tres lados” nos dice que es un polígono que tiene tres lados. Sin embargo, al construirlo aprendemos sintéticamente que sus ángulos suman dos rectos. Pero también sabemos que todo triángulo tiene tres ángulos. Esto lleva a Kant a titubear sobre el carácter sintético o analítico de este juicio. En este hecho podemos observar que los conceptos matemáticos elementales no son definibles para Kant, pero que los conceptos matemáticos más complejos van

⁶⁰ Leibniz, G. W., *Nouveaux essais sur l'entendement humain*, (concluidos en 1704, pero no publicados hasta 1765, cuarenta y nueve años después de su muerte), IV, XII, § 6 (GP V, 432).

⁶¹ *KrV.*, A 47/B 64.

⁶² *Vid.*, VIII.5.1.

adquiriendo la apariencia discursiva de los conceptos no matemáticos.⁶³ El caso del triángulo presenta esa naturaleza difusa porque sus ángulos se encuentran en ese estado medianero en el que a veces no es tan sencillo establecer si lo que sabemos es analítico o sintético. Podemos concluir, pues, que para Kant las definiciones matemáticas sólo pueden ser genéticas.

VIII.2. Lo matemático.

Antes de continuar debemos definir lo que se entiende por “matemático” en la *Crítica de la razón pura*. Para ello nos serviremos de las consideraciones de Martin Heidegger en *La pregunta por la cosa*. La palabra “matemático” viene de *ta(ma)Jh/mata* y significa lo que se puede aprender, *manJa/nein* es aprender, y *ma/Jhsiz* es la enseñanza como búsqueda del conocimiento y también como contenido de lo enseñado. En Grecia lo matemático se encontraba próximo a estas acepciones:

1. *ta(fusika/*: Las cosas, en cuanto surgen y se presentan por sí mismas.
2. *ta(poiou/mena*: Las cosas, en cuanto son producidas artesanalmente por el hombre, y están presentes como tales.
3. *ta(xrh/mata*: Las cosas en cuanto están en uso y en permanente disposición, pueden ser o *fisika/*, piedras y cosas semejantes, o *poiou/ena*, cosas expresamente fabricadas.
4. *ta(pra/gmata*: Las cosas en cuanto son en general cosas con las que tenemos trato, sea que las elaboremos, usemos o transformemos, o sea que sólo las contemplemos o investiguemos, *pra/gmata*, referidas a *praVciz* en sentido amplio, no en el sentido más estrecho del uso práctico (*xrhVsJai*) ni en el sentido de la *praVciz* como acción en el sentido de la acción moral; *praVciz* es todo hacer, emprender, mantener, lo que incluye en sí también la *poi//hsiz*.

⁶³ Cfr. *Ibíd.*, A 224/B 271.

5. ta(maJh/mata. Según las cuatro caracterizaciones anteriores, debemos decir aquí, en cuanto a las maJh/mata: “las cosas, en cuanto ellas...”; la pregunta es: ¿en cuanto qué?⁶⁴

Al igual que Sócrates defiende que el conocimiento es reminiscencia,⁶⁵ Heidegger entiende que lo matemático es todo lo que sabemos antes de cualquier experiencia. Lo matemático quiere aprender las cosas en un aspecto concreto. Un modo de aprender puede ser usar algo, ese uso lo llama Heidegger ejercicio. Pero no es la única manera de aprender. El ejercicio nos puede llegar a dar un conocimiento exhaustivo no sólo del uso, sino de la composición del objeto usado. Sin embargo:

Respecto a la cosa hay todavía un aprender a conocer que es aún más originario, y es tal que debe estar aprendido con anterioridad, para que haya tales modelos y los ejemplares correspondientes. [...] Pero en verdad esto ya lo sabemos.⁶⁶

Si no supiéramos de antemano lo que ese objeto es, no lo percibiríamos como tal, no se nos haría “visible”:

Cuando tomamos conocimiento en forma explícita y de manera determinada, entonces introducimos en el conocimiento algo que en verdad ya tenemos. Precisamente este “tomar conocimiento de” es la auténtica esencia del aprender, de la ma/Jhsiz. Las maJh/mata, son las cosas, en cuanto las introducimos en el conocimiento, introduciéndolas en el conocimiento como lo que de ellas ya es conocido de antemano, el cuerpo en cuanto corporeidad, la planta en cuanto vegetal, el animal en cuanto animalidad, la cosa en cuanto cosidad, etc. Este verdadero aprender es por lo tanto un tomar muy notable, en el cual el que toma, toma sólo aquello que en el fondo ya tiene.⁶⁷

Vemos que según Heidegger lo matemático es lo intuitivo, lo *a priori*, lo que ya “sabemos” porque lo ponemos nosotros mismos. Lo matemático no es solamente lo perteneciente a la matemática numérica, aunque sea lo más conocido:

Pero la esencia de lo matemático no está en el número en cuanto limitación pura de la cantidad pura, sino a la inversa: puesto que el número es de tal naturaleza, pertenece a lo aprendible en el sentido de la ma/Jhsiz.⁶⁸

Según Kant, los conceptos matemáticos no se pueden definir porque la intuición es la fuente de lo matemático. Los conceptos matemáticos poseen una

⁶⁴ Cuadro tomado de Heidegger, M., *La pregunta por la cosa*. Traducción de Eduardo García Belsunce y Zoltan Szankay, Alfa Argentina, Buenos Aires, 1975, p. 66.

⁶⁵ Como, por ejemplo, en el diálogo de corte mayéutico mantenido con un esclavo. Cfr. Platón, *Menón*. (82b-85b).

⁶⁶ Heidegger, M., *La pregunta por la cosa*. Ed. cit., 68.

⁶⁷ *L. c.*

⁶⁸ *Ibíd.*, 70.

naturaleza intuitiva que aflora al fundar los juicios sintéticos. Por eso dice Kant que el concepto matemático encierra en sí la intuición y su definición supone inmediatamente su construcción.⁶⁹

VIII.3. Geometría euclídea.

La geometría euclídea ha tenido carácter axiomático desde que apareció. Para Kant la matemática también comienza por una serie de axiomas, pero entendidos éstos como proposiciones intuitivas o juicios sintéticos *a priori*:

En esta síntesis sucesiva de la imaginación productiva se basan, para producir las figuras, las matemáticas de la extensión (geometría) con sus axiomas. Son éstos los que expresan las condiciones de la intuición sensible *a priori* bajo las cuales, y sólo bajo las cuales, puede surgir el esquema de un concepto puro de los fenómenos externos; por ejemplo: “Entre dos puntos no puede haber más de una línea recta”; “Dos líneas rectas no cierran un espacio”, etc. Estos son los axiomas que sólo se refieren propiamente a magnitudes (*quanta*) en cuanto tales.⁷⁰

Sin embargo, las proposiciones concernientes a la medición (*quantitas*) son analíticas en su mayoría:

Por lo que toca a la magnitud (*quantitas*), esto es, a la respuesta a la pregunta “¿Qué tamaño tiene esto?”, no hay axiomas propiamente dichos, si bien algunas de estas proposiciones son sintéticas e inmediatamente ciertas (*indemostrabilia*). En efecto, las proposiciones: “Si sumamos cantidades iguales a cantidades iguales, obtenemos cantidades iguales”, “Si restamos cantidades iguales de cantidades iguales, obtenemos cantidades iguales” son analíticas, ya que soy inmediatamente consciente de la identidad que existe entre la producción de una y otra magnitudes.⁷¹

Según esto, los postulados de Euclides son los axiomas de la geometría⁷² y sus “nociones comunes” son las proposiciones que posibilitan la cuantificación.

Postulados. Postúlese lo siguiente:

⁶⁹ KrV., A 719/B 747.

⁷⁰ Ibíd., A 163/B 204.

⁷¹ Ibíd., A 163-164/B 204-205.

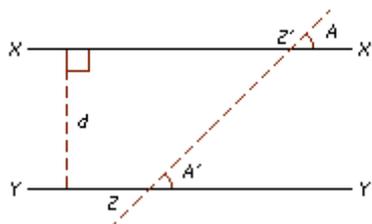
⁷² Kant llama “axiomas” a los “postulados” de Euclides. En la geometría actual puede prescindirse del término “postulado”, o usarlo como idéntico a “axioma”. Pero, si se trata de ubicar la geometría euclídea en su contexto histórico, y no en su lugar sistemático dentro de la ciencia matemática, la distinción debe ser respetada, pues en el marco de la geometría euclídea la diferencia entre ambos términos es notoria. Basta para dar cuenta de ello consultar el significado de ambas voces en el *Diccionario de Matemáticas* de A. Bouvier y M. George, Akal, Madrid, 1984. Del significado que se le atribuía antiguamente al término “axioma” se nos dice que “era una proposición evidente para todos, de modo que se admitía y no exigía demostración”. Del uso antiguo del término “postulado”, en relación con el de “axioma”, aparece lo siguiente: “Se denominaba axiomas a aquellos [enunciados] considerados como evidentes y postulados a los otros que el lector debía admitir, pero que eran candidatos a la demostración”.

1. Trazar una línea recta desde un punto a otro cualquiera.
2. Prolongar una línea recta finita continua a otra línea recta.
3. Describir un círculo con cualquier centro y cualquier radio.
4. Que todos los ángulos rectos son iguales.
5. Que si una línea recta corta a otras dos líneas rectas formando con ellas ángulos interiores del mismo lado menores que dos ángulos rectos, las dos rectas, prolongadas indefinidamente, se cortan del lado por el cual los ángulos son menores que dos ángulos rectos.

Nociones comunes:

1. Cosas que son iguales a la misma cosa son iguales entre sí.
2. Si iguales se suman a iguales, los resultados son iguales.
3. Si iguales se restan de iguales, los restos son iguales.
4. Cosas que coinciden una con otra son iguales entre sí.
5. El todo es mayor que la parte.⁷³

El quinto postulado dice, pues, que si no se cumple que una recta al incidir sobre dos rectas haga los ángulos internos del mismo lado menores que dos rectos, tendremos que las dos rectas sobre las que incide la tercera, son paralelas.⁷⁴ Pero



⁷³ Tablas tomadas de Boyer, C. B., *Historia de la matemática*. Versión de Mariano Martínez Pérez, Alianza, Madrid, 2001, p. 147.

⁷⁴ Para la geometría plana el postulado habla de rectas, pero si se quiere expresar en geometría del espacio debemos sustituir rectas por planos.

frecuentemente el quinto postulado ha sido reemplazado por otros enunciados equivalentes, como por ejemplo hizo Posidonio en el siglo I a. C. que dijo: “Dos líneas paralelas son equidistantes”; Proclo (410-485) lo expresó así: “Si una línea recta corta a una de dos paralelas, también corta a la otra”. Wallis (1616-1703) lo formuló como sigue: “Dado un triángulo, se puede construir otro semejante de cualquier tamaño”; a Legendre (1752-1833) le debemos esta expresión: “La suma de los ángulos de un triángulo es dos rectos”; la siguiente manera se debe a Bolyai (1775-1856): “Tres puntos no alineados yacen siempre en un círculo”. Pero la formulación más famosa del quinto postulado es el conocido como *axioma de Playfair*, a saber: “Por un punto exterior a una línea recta sólo puede pasar una línea recta paralela a ella”. No obstante se han utilizado muchas formulaciones anónimas: “Si en un plano hay una recta y una curva y si todos los puntos de la curva están a igual distancia de la recta entonces la curva es también una línea recta”; o bien: “Figuras geométricas de tamaños diferentes pueden ser semejantes”.⁷⁵

La idea fundamental de Kant de entender los axiomas y teoremas de la geometría euclidiana como juicios sintéticos *a priori* que explicitan las propiedades del espacio en virtud de su idealidad, se pueden encontrar en la *Dissertatio* (§ 15) y en diversos lugares de la *Crítica de la razón pura* (B 40, A 39/B 56, A 439/B 467). Pese a tan reiterada justificación de la geometría como una ciencia intuitiva, Kant deja abierta una posibilidad para la existencia de otras geometrías.⁷⁶

VIII.3.1. Demostraciones y axiomas.

En la *Disciplina de la razón pura en su uso dogmático* es presentado el método que sigue la matemática. Este proceder consiste en partir de la intuición pura para construir conceptos. Se trata de un método diferente al usado por la filosofía, que aún siendo también *a priori*, parte directamente de conceptos. Las pruebas de

⁷⁵ Cfr. Coxeter, H., *Non-Euclidean Geometry*, Math. Ass. Of America, 1942, 6ª ed. 1998, p. 2.

⁷⁶ La concepción kantiana de los axiomas de la geometría fue radicalmente nueva, debido a ello fue objeto de múltiples críticas. Sin embargo, el mayor golpe fue recibido con la aparición de las geometrías no euclidianas. Por eso es de la máxima importancia investigar si Kant atisbó la posibilidad de que pudieran construirse otras geometrías. *Vid.*, supra, 36 nota 51, 37 e inf., 253, 275 y 286.

ésta, Kant las llama acroamáticas, mientras que las pruebas matemáticas las denomina demostraciones.⁷⁷

Sólo la matemática contiene demostraciones, debido a que su conocimiento no deriva de conceptos, sino de la construcción de los mismos, es decir, de la intuición que puede darse *a priori* en correspondencia con los conceptos”.⁷⁸

De esta cita extraemos que una demostración es aquella prueba en la que interviene la intuición *a priori* del objeto. Esta definición se aplica a la matemática toda, es decir, sirve para la geometría y también para la aritmética “en la cual la intuición presenta los objetos mediante signos, sobre todo los que relacionan cantidades, y donde sin mirar el lado heurístico, todas las inferencias están garantizadas contra el error, porque cada una de ellas se muestra clara ante la vista”.⁷⁹

No debemos olvidar que no sólo el tratamiento geométrico del espacio es intuitivo en Kant. La geometría analítica es también una geometría intuitiva mientras sea expresión de la geometría euclidiana. Precisamente el error de los racionalistas fue no percatarse del carácter sintético de estas proposiciones:

Pues porque se halló que las conclusiones de los matemáticos proceden según el principio de contradicción (lo cual es exigido por la naturaleza de toda certeza apodíctica), se llegó a la persuasión de que también los principios eran conocidos a partir del principio de contradicción, en lo cual se equivocaron mucho. Pues se puede ciertamente comprender una proposición sintética según el principio de contradicción, pero nunca en sí misma, sino sólo si se presupone otra proposición sintética de la cual la primera pueda seguirse.⁸⁰

Las demostraciones de la geometría son, para Kant, imposibles haciendo uso del método discursivo de la filosofía. Las demostraciones matemáticas parten directamente de la intuición. El geómetra, para encontrar la relación existente entre la suma de los ángulos de un triángulo y un ángulo recto:

Comienza por construir en seguida un triángulo. Como se sabe que la suma de dos ángulos rectos equivale a la de todos los ángulos adyacentes que pueden trazarse desde un punto sobre una línea recta, prolonga un lado del triángulo y obtiene dos ángulos adyacentes que, sumados, valen dos rectos. De estos dos

⁷⁷ Cfr. *KrV.*, A 735/B 763; v. a. *Logik.* § 35, 157.

⁷⁸ *KrV.*, A 734/B 762.

⁷⁹ *KrV.*, A 734/B 762. En rigor, esta cita se refiere al álgebra, nosotros en este contexto retrotraemos a la aritmética lo que en ella se dice puesto que la aritmética es aquella parte de las matemáticas que estudia los números y las operaciones hechas con ellos, mientras que el álgebra es la parte de las matemáticas en la cual las operaciones aritméticas son generalizadas empleando números, letras y signos. Por ese motivo, cuando dice signos entenderemos números.

⁸⁰ *Proleg.*, § 2, 45 (Ak., IV, 268); cfr. *KrV.*, B 14.

ángulos divide el externo trazando una paralela al lado opuesto del triángulo y ve que surge de este modo un ángulo adyacente externo igual a uno interno; y así sucesivamente. A través de una cadena de inferencias y guiado siempre por la intuición, el geómetra consigue así una solución evidente y, a la vez, universal del problema.⁸¹

Kant llama inferencias, en este contexto, a la intersustitución de lo igual. Este paso es de carácter lógico.⁸² Ahora bien, esta forma de inferir no está entre las que contempla Kant en la lógica formal, siendo, más bien, propio de la aritmética. Pero también puede ocurrir que de acuerdo con los principios analíticos, que también Kant contempla, podamos considerar esta inferencia como una regla analítica. Para dirimir la cuestión basta con atender al carácter auxiliar que presentan tales inferencias, lo que hace de ellas pasos intermedios de una demostración constructiva o sintética.⁸³ A este tipo de demostración Proclo la llamó *exposición* ($\epsilon/\kappa\mu\sigma\iota\eta$) en su comentario al libro primero de los *Elementos*.⁸⁴

Cuando hablamos de la construcción de conceptos no debemos olvidar que ésta puede ser pura o empírica. La construcción empírica puede ser geométrica o mecánica, es decir, dibujando líneas o construyendo objetos. Evidentemente, la construcción de conceptos en la matemática es pura. La idealidad del espacio, propia de la sensibilidad humana, es la responsable de la construcción de los conceptos matemáticos.

VIII.3.2. Leibniz y el esquematismo kantiano.

Leibniz pensaba que las demostraciones geométricas no pueden apelar a la imaginación porque las imágenes son individuales, por eso, la imaginación puede tener, como mucho, una validez limitada a lo particular, nunca a lo universal. Kant pensó lo mismo que Leibniz pero salvó el problema con su doctrina del *Esquematismo trascendental*. En ella se dice que la imaginación es una entidad medianera entre la sensibilidad y el entendimiento que produce esquemas. Es difícil decir lo que es un esquema, pero su función es clara, mediar entre la sensibilidad y

⁸¹ *KrV.*, A 716/B 744.

⁸² Cfr. Hintikka, J., *Logic, Language-Games and information. Kantian Themes in the Philosophy of Logic*, Oxford U. P., 1973, cap. IX. "Kant and the Direction of analysis", p. 214.

⁸³ Cfr. Poincaré, H., *La science et l'hypothèse* (1902), Flammarion, París, reimp. 1968, p. 41.

⁸⁴ Cfr. Vega, L., *La trama de la demostración*, Alianza, Madrid, 1990, pp. 344-346.

el entendimiento. Kant llama esquema de un concepto a la “representación de un procedimiento universal de la imaginación para suministrar a un concepto su propia imagen”.⁸⁵ Por eso no se debe confundir el esquema con la imagen. “De hecho, nuestros conceptos puros sensibles no reposan sobre imágenes, sino sobre esquemas”.⁸⁶

En el caso del esquema de un concepto puro del entendimiento la separación entre esquema e imagen se hace total. Puesto que “el esquema de un concepto del entendimiento no puede ser llevado a imagen alguna. Es simplemente la síntesis pura, conforme a una regla de unidad conceptual –expresada por la categoría– y constituye un producto trascendental de la imaginación”.⁸⁷ Los esquemas de las categorías son productos trascendentales de la imaginación productiva que determinan de diferentes maneras la forma de la sensibilidad (el tiempo), según cada categoría. El esquema de un objeto matemático “no puede existir más que en el pensamiento, y significa una regla de síntesis de la imaginación respecto de figuras puras en el espacio. Mucho menos aún alcanza nunca un objeto de la experiencia, o imagen del mismo, el conocimiento empírico, sino que éste se refiere siempre inmediatamente al esquema de la imaginación, como una regla de la determinación de nuestra intuición conforme a un cierto concepto universal”.⁸⁸

Cuando se emplea una figura sobre un papel para demostrar sus propiedades geométricas tenemos ante nosotros una figura particular empíricamente intuida; sin embargo, nos sirve para demostrar universalmente las propiedades de todas las figuras que caen bajo el concepto que dicha figura representa. Por consiguiente, esa figura particular contiene el esquema de todas las imágenes de esa clase. Lo que nos interesa no es la imagen de una figura particular, sino el esquema que encierra, siendo éste al que realmente atendemos. El esquema es aquello a lo que se refiere universalmente un postulado:

Lo que en la matemática se llama postulado es una proposición práctica que no contiene más que la síntesis a través de la cual nos damos un objeto y

⁸⁵ *KrV.*, A 140/B 179-180.

⁸⁶ *L. c.*, A 140-141/B 180.

⁸⁷ *Ibíd.*, A 142/B 181.

⁸⁸ *Ibíd.*, A 141/B 180.

producimos su concepto. Por ejemplo, describir un círculo con una línea dada, partiendo de un punto dado, en un plano.⁸⁹

El esquema del concepto matemático es, pues, la regla de construcción o definición genética mínima para poder generar cualquier imagen de la clase designada por dicho esquema. Así pues, el esquema no es algo representable:

El esquema de los conceptos sensibles (como el de las figuras en el espacio) es un producto y un monograma, por así decirlo, de la facultad imaginativa pura *a priori*. Es mediante ésta y conforme a ella como son posibles las imágenes, pero tales imágenes sólo deberán ser vinculadas al concepto por medio del esquema que designan, y, en sí mismas, no coinciden plenamente con el concepto.⁹⁰

Según lo dicho, la aparición de las geometrías no euclídeas causará serias dificultades al planteamiento kantiano, ya que los objetos no euclidianos carecen de imagen. En la cuarta parte de este trabajo ensayaremos una posible solución a este problema, procurando modificar lo mínimo posible el pensamiento de Kant y, sobre todo, siendo fieles al espíritu de su filosofía. De momento, creemos conveniente continuar viendo los aspectos más relevantes de la geometría, de cara a comprender las geometrías no euclídeas, al menos en sus rasgos más generales.

VIII.3.3. El postulado intuitivo.

La geometría como tal comenzó con la geometría euclidiana, pero la necesidad de su quinto postulado como axioma ha sido cuestionada desde siempre. Sin embargo, nadie dudó de su veracidad hasta comienzos del siglo XIX. Fueron muchos los intentos que se llevaron a cabo para deducir este axioma de los otros cuatro, pero ninguno tuvo éxito. Lo cierto es que el quinto postulado no puede demostrarse sin apelar a la intuición.

La intuición pudo eliminarse de la geometría al aparecer la lógica moderna. Antes de la creación de esta lógica, no existía sistema lógico alguno para poder ser aplicado a tan compleja disciplina. La lógica tradicional trabaja únicamente con predicados monádicos y la geometría considera relaciones entre múltiples elementos. La geometría requiere una lógica de las relaciones:

Un punto de una línea o una línea de un plano son ejemplos de relaciones diádicas; un punto que está entre otros dos es una relación triádica. Podemos

⁸⁹ *Ibíd.*, A 234/B 287.

⁹⁰ *Ibíd.*, A 142/B 181.

concebir la congruencia entre dos segmentos de recta como una relación diádica, pero, puesto que no se acostumbra a tomar los segmentos de recta como entidades primitivas, se representa mejor un segmento por un par de puntos. En este caso, la congruencia entre dos segmentos de recta es una relación entre un par de puntos y otro par de puntos; dicho de otra manera, es una relación tetrádica entre puntos.⁹¹

Mediante la nueva lógica se consiguió probar la independencia del quinto postulado, abriendo un inquietante abanico de posibilidades. Con este descubrimiento era posible cambiar el axioma de las paralelas por otro incompatible con él sin entrar en contradicción con los demás axiomas. La sustitución de este axioma por otros creó nuevos sistemas axiomáticos que, por negar el quinto postulado de la geometría euclidiana, dieron en llamarlos geometrías no euclidianas.

VIII.4. Geometría y física.

La geometría aplicada a la física aporta el análisis de la estructura espacial del mundo.⁹² ¿Pero es la misma geometría la de la matemática y la de la física?

La geometría euclidiana fue la primera geometría, por consiguiente jugó ambos papeles. Los teoremas de esta geometría en la Física newtoniana nos informan de objetos fácticamente reales. Por ejemplo, el teorema de que la suma de los ángulos interiores de un triángulo es igual a 180° es posible derivarlo de los axiomas de Euclides. Tenemos, pues, un conocimiento *a priori* de su verdad. Si realizamos la prueba empírica encontraremos que el teorema es cierto y si no, es que nos hemos equivocado en la construcción, en la medición, o en ambas cosas. Estos teoremas describen la estructura física del mundo, son sintéticos y *a priori*.

Con la aparición de las geometrías no euclidianas la geometría matemática es considerada, como toda la matemática, una ciencia analítica. Es un sistema deductivo basado en unos axiomas sin interpretación física. Por ejemplo, Bertrand Russell demostró que es posible deducir lógicamente un conjunto de teoremas que abarquen la geometría euclidiana.⁹³ Eso hace de la geometría euclidiana una geometría matemática. El procedimiento de Russell, aparte de genial, es sumamente

⁹¹ Carnap, R., *Fundamentación lógica de la física*. Traducción de Néstor Miguens, Edit. Sudamericana, Argentina, 1969, p. 174.

⁹² *Vid.*, supra, 36-37.

⁹³ Cfr. Russell, B., *The Principles of Mathematics*, Cambridge University Press, Cambridge, 1903, pte. VI.

aclaratorio, pero totalmente superfluo para nuestro tema. En efecto, lo que nos interesa no es que la geometría euclidiana sea susceptible de tratamiento analítico como las demás, sino que es la única geometría que no lo precisa. Es la geometría intuitiva, la que nos permite hacernos una idea de lo que se está diciendo acerca del mundo físico. Eso hace de ella la única geometría física pensable hasta la aparición de la teoría general de la relatividad. De hecho, la diferencia entre geometría física y geometría matemática no fue lo suficientemente clara hasta la publicación en 1899 de los *Fundamentos de la geometría* de David Hilbert. En el sistema ideado por Hilbert se definen una serie de objetos a los que se les llama puntos, líneas y planos; pero estos términos no se refieren a lo que significan usualmente estas palabras. Las usó porque hablaba de geometría y podía establecerse una analogía con la geometría euclidiana, pero, en rigor, su sistema carece de interpretación física.

J. E. Wiredu distinguió en la década de los 70 tres tipos de geometría.⁹⁴ Dos de ellas son la geometría matemática y la geometría física de las que habla Carnap en su *Fundamentación lógica de la física*,⁹⁵ lo novedoso es que a éstas añade una primera forma pura en la que se encontraría inserta la fundamentación kantiana.

Como dice Carnap, hay que diferenciar entre matemática pura y matemática física. Nosotros entendemos así la distinción:

Matemática pura: Trata de puros objetos matemáticos. La intuición no es necesaria para enunciar sus teoremas, en este sentido es analítica, pero trata sobre el espacio como infinito potencial, el cual no puede ser concepto sino intuición.

Matemática física: Trata sobre fenómenos es decir, de aquellos objetos que existen, que son algo más que objetos matemáticos. Para que estos objetos puedan darse tienen que poder ser enlazados con la experiencia mediante conexión causal a una intuición empírica.

⁹⁴ Cfr. Wiredu, J. E., "Kant's Synthetic A Priori in Geometry and the Rise of Non-Euclidean Geometries". *KS*. 61 (1970), pp. 5-27.

⁹⁵ Carnap, R., *Op. cit.*, cap. XVIII.

VIII.5. Geometría analítica.

VIII.5.1. Geometría cartesiana.

Para Kant, un juicio analítico se establece sobre una serie de conceptos previos. Los juicios analíticos proceden discursivamente determinando propiedades de un conjunto de conceptos anteriores. La diferenciación entre conocimiento analítico y conocimiento sintético nace para dar cuenta de la impropia imitación del método matemático por parte de la filosofía racionalista y su metafísica dogmática.

Frente al método analítico de la filosofía, la matemática procede por construcción de conceptos, es decir, se sirve del método sintético.⁹⁶ La matemática, según Kant, se divide en geometría y aritmética. La geometría, como parte de la matemática que es, procede mediante juicios sintéticos *a priori*. La demostración de que los ángulos de un triángulo suman dos rectos no se obtiene, dice Kant, analizando los conceptos de suma, ángulo y número tres; sino que es necesario construir el triángulo. La geometría necesita de la intuición, no le basta analizar conceptos.

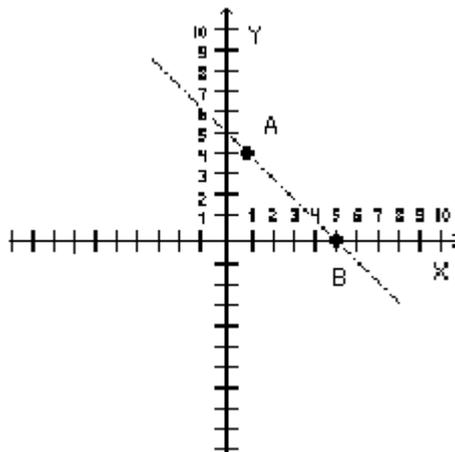
La geometría analítica puede definirse de una manera amplia como la posibilidad de hacer geometría con ecuaciones. Tal posibilidad es debida a la superioridad del tiempo frente al espacio. Según Kant el espacio es la forma de la experiencia externa mientras que el tiempo es la forma de la experiencia interna y, por eso mismo, también de la externa.⁹⁷ Mediante el número se puede “recrear” el espacio. Los espacios virtuales creados por ordenador son, en el fondo, sucesiones de ceros y unos, es decir matemática realizada en sistema binario.

La geometría cartesiana no invalida la idea kantiana sino que la reafirma, ya que parte como una posibilidad de su propio sistema. Recordemos que las ecuaciones y los números no son conceptos en el sentido kantiano del término. La

⁹⁶ Kant rechazó siempre la demostración discursiva de la tridimensionalidad del espacio ofrecida por Leibniz en la *Teodicea*. [Théodizée, § 351(GP VI, 322)].

⁹⁷ Más adelante, en la cuarta parte, someteremos a crítica esta idea, prefiriendo, con Roberto Torretti, entender el espacio como una modalidad del tiempo. *Vid.*, inf., pte. IX.3.1.

geometría analítica tiene como antecedente las investigaciones algebraicas de Vieta (1540-1603), pero fue desarrollada por Descartes en *La géométrie* (1637) e independientemente por Pierre de Fermat. En este tipo de geometría las líneas rectas, las curvas y las figuras geométricas, se representan mediante expresiones algebraicas y numéricas usando un conjunto de ejes y coordenadas. Cualquier punto del plano se puede localizar con respecto a un par de ejes perpendiculares dando las distancias del punto a cada uno de los ejes. Como vemos en la figura, el punto *A* está a una unidad del eje vertical (*y*) y a cuatro unidades del horizontal (*x*). Las coordenadas del punto *A* son por tanto 1 y 4, y el punto queda fijado dando las expresiones $x = 1$, $y = 4$. Los valores positivos de *x* están situados a la derecha del eje *y*, y los negativos a la izquierda; los valores positivos de *y* están por encima del eje *x* y los negativos por debajo. Así, el punto *B* de la figura 1 tiene por coordenadas $x = 5$, $y = 0$. En un espacio tridimensional, los puntos se pueden localizar de manera similar utilizando tres ejes, el tercero de los cuales, normalmente llamado *z*, es perpendicular a los otros dos en el punto de intersección, también llamado *origen*.



En general, una línea recta se puede representar siempre utilizando una ecuación lineal de dos variables, *x* e *y*, de la forma $ax + by + c = 0$. De la misma manera, se pueden encontrar fórmulas para la circunferencia, la elipse y otras cónicas y curvas regulares.

La geometría analítica se ocupa de dos tipos clásicos de problemas. El primero es: dada la descripción geométrica de un conjunto de puntos, encontrar la ecuación algebraica que cumplen dichos puntos. Siguiendo con el ejemplo anterior, todos los puntos que pertenecen a la línea recta que pasa por *A* y *B* cumplen la

ecuación lineal $x + y = 5$; en general, $ax + by = c$. El segundo tipo de problema es: dada una expresión algebraica, describir en términos geométricos el lugar geométrico de los puntos que cumplen dicha expresión. Por ejemplo, una circunferencia de radio 3 y con su centro en el origen es el lugar geométrico de los puntos que satisfacen $x^2 + y^2 = 9$. Usando ecuaciones como éstas, es posible resolver algebraicamente esos problemas geométricos de construcción, como la bisección de un ángulo o de una recta dados, encontrar la perpendicular a una recta que pasa por cierto punto, o dibujar una circunferencia que pasa por tres puntos dados que no estén en línea recta.

Sin embargo, en la geometría analítica cartesiana no hay expresiones algebraicas adecuadas para algunas construcciones de los *Elementos* de Euclides. Al no poder reducirse por completo el lenguaje euclidiano de las figuras al cartesiano de las ecuaciones, los matemáticos han utilizado lenguajes mixtos y también otras nociones matemáticas posteriores. Este es el caso del cálculo diferencial inventado por Leibniz y Newton que daría lugar a la controversia por la prioridad del descubrimiento conocida como el “Debate Leibniz-Clarke”. La aplicación de este descubrimiento a la geometría dio lugar a la geometría diferencial.

VIII.5.2. Geometría diferencial.

La “geometría diferencial” ocupó un notable lugar en la geometría de finales del siglo XVIII, pero fue Gauss quien inició en 1827 esta nueva rama de la geometría con su tratado *Disquisitiones circa superficies curvas*. Este tratado consiste en una generalización de la obra de Huygens y Clairaut sobre la curvatura de una curva plana o alabeada en uno de sus puntos, definiendo la curvatura de una superficie en un punto. Así pues, este tipo de geometría se interesa por las propiedades de una curva o una superficie en las proximidades de uno de sus puntos. Al definir el entorno de un punto tal, estudia las propiedades locales de las curvas y de las superficies, la “curvatura gaussiana” o “curvatura total”.

La geometría diferencial llevó a Gauss a formular una serie de “teoremas notables” sobre propiedades de familias especiales de curvas sobre la superficie, tales como las geodésicas.

En el proceso de creación de la teoría general de las superficies, la geometría diferencial adquirió nuevas relaciones, especialmente con las geometrías no euclidianas. Por lo que podemos decir que el aspecto “microscópico” de la geometría diferencial o geometría local o de “pequeña escala” es la herramienta matemática que permite manejar los espacios no euclídeos mediante la integración de infinitos planos diferenciales euclidianos.⁹⁸

VIII.5.3. Incompletitud de los postulados euclidianos.

Los análisis posteriores acerca de la geometría euclidiana han puesto de manifiesto que los postulados de los *Elementos* son incompletos. Esto se debe a que ciertas conclusiones de la geometría euclidiana carecen de un axioma que los valide. Esta ausencia se debe a que la geometría euclidiana es la geometría intuitiva, por tanto, desde la perspectiva kantiana la representación intuitiva del espacio suplente tales axiomas porque vienen dados por la intuición. Las lagunas en la geometría euclidiana serían, pues, numéricas, no espaciales. La descripción geométrica intuitiva es previa a su descripción numérica, por lo que los axiomas ausentes en ella implican la ausencia de un número, pero no del punto correspondiente. Las expresiones aritméticas de la geometría analítica cartesiana adolecen de una discontinuidad numérica, mas no espacial. Tal discontinuidad debe suplirse con los llamados *axiomas de continuidad* tal como demostró Hilbert. La concepción kantiana apela a un conocimiento intuitivo elemental, la descripción numérica no se contempla. Los axiomas de continuidad son necesarios para que los números concuerden con la intuición espacial, siendo ésta la que garantiza la continuidad de las representaciones espaciales. Hilbert describe analíticamente la intuición del espacio, por eso necesita los mencionados axiomas de continuidad.⁹⁹

En el sistema kantiano el conocimiento de la continuidad y de la tridimensionalidad del espacio es independiente de la expresión analítica de la

⁹⁸ *Vid.*, supra, 187 nota 44 e inf., 360.

⁹⁹ Hilbert, D., *Die grundlagen der Geometrie*. 1899. Introducción y § 1.

geometría. Pese a eso Kant no excluyó la posibilidad de poder concebir otros espacios que no sean euclidianos.¹⁰⁰

VIII.6. Geometrías no euclidianas, antieuclydianas o astrales.¹⁰¹

VIII.6.1. El postulado de las paralelas.

El quinto postulado de Euclides carece de la evidencia de los otros postulados. De esta particularidad ya se habían percatado los sucesores del alejandrino, pues habla de una prolongación “indefinida” de las rectas. El estoico Posidonio de Rodas o de Apamea (ca. 135 - ca. 51 a.C.), Gemino (fl. ca. 70 a.C.) y el neoplatónico Proclo buscaron su demostración a partir de los otros postulados, pero no dieron con ella. Entre los matemáticos árabes que buscaron la demostración destacan Ibn Al-Haitham, más conocido como Alhazen (965-1039), Omar Khayyam (ca. 1050-1123) y Nasir Eddin Al Tusi (1201-1274). Entre los italianos mencionaremos a Federico Commandino (1506-1575), Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679) y al jesuita Girolamo Saccheri (1667-1733). Este último ensayó una demostración indirecta consistente en una *reductio ad absurdum* del postulado presuponiendo que era falso. El camino emprendido le llevó muy cerca de resolver el problema, pero una falacia en sus deducciones dejó las cosas como al principio. Tampoco J. H. Lambert (1728-1777) o A. M. Legendre (1752-1833) consiguieron demostrarlo o refutarlo. El conde de Lagrange (1736-1813), “pirámide de los matemáticos” según Napoleón, parecía haber dado con la clave del problema, pero cuando estaba comunicando sus conclusiones en la Academia Lagrange interrumpió su exposición y jamás la retomó.¹⁰² A principios del s. XIX y separadamente, el húngaro Janos Bolyai (1802-1860) y el ruso Nicolái Ivánovitch Lobachevsky (1793-1856) dejaron a un lado el procedimiento de *reductio ad absurdum* del postulado y

¹⁰⁰ Cfr. *Gedanken*, § 10, p. 35-36 (Ak., I, 24-25). *Vid.*, supra, 36 nota 51.

¹⁰¹ Para la redacción de esta parte han sido consultadas las siguientes compilaciones de historia de las matemáticas: Boyer, C. B., *Ed. cit.* Ríbnikov, K., *Ed. cit.* Colerus, E., *Ed. cit.* Además de: Papp, D., *Op. cit.*, cap. I; Torretti, R., *Op. cit.*, cap. 4 y 18 de la Primera parte.

¹⁰² Al parecer dijo: “Il faut que j’y songe encore” (Tengo que pensarlo un poco más). *Vid.*, Gonthier, F., *Les fondements des mathématiques: de la géométrie d’Euclide à la relativité générale et à l’intuitionisme*. Librairie scientifique, Paris, 1926.

lo tomaron directamente como falso. Al sustituir el postulado por otro diferente constituyeron un nuevo sistema geométrico. Al parecer, Gauss había descubierto la nueva geometría treinta años antes en el transcurso de unas investigaciones sobre superficies mediante coordenadas intrínsecas.¹⁰³ Sin embargo, Gauss no publicó sus resultados porque la había elaborado “para sí mismo” y por temor al “griterío de los beocios”. El nuevo postulado se basa en el supuesto de que por un punto exterior a una recta pueden trazarse infinitas paralelas a ésta. Los resultados de Lobachevsky fueron publicados por primera vez en el *Kazan Messenger* de 1829 con el título “Sobre los principios de la geometría”. Bolyai, por su parte, envió sus reflexiones a su padre, quien las publicó bajo el título *Ciencia absoluta del espacio* en forma de apéndice a un tratado que había escrito y que llevaba un largo título en latín que comenzaba con la palabra *Tentamen*.¹⁰⁴ Este *Tentamen* lleva un *imprimatur* fechado en 1829, pero no apareció hasta 1832.

A mediados de siglo, Bernhard Riemann (1826-1866) cambió de nuevo el postulado, suponiendo que por el punto mencionado no puede trazarse paralela alguna a la recta dada. El espacio ideado por Riemann tiene un grado de curvatura positivo constante, distinguiéndose así del espacio de Bolyai-Lobachevsky, en el cual la curvatura constante es negativa. Posteriormente, Riemann elaboró una teoría generalizada de los espacios de curvatura variable.¹⁰⁵ La expresión “geometría riemanniana” hace referencia en física a esta geometría generalizada de la cual las antiguas geometrías riemanniana y de Bolyai-Lobachevsky constituyen, junto con la geometría euclidiana, los casos especiales más simples. Riemann aprovechó estos avances y concibió el espacio como un continuo de un número arbitrario de dimensiones, convirtiendo el espacio de tres dimensiones de la intuición en un caso dentro de la infinita serie de posibilidades abierta. Ciertamente se trata de un caso entre otros muchos, sin embargo el espacio euclidiano no es un caso más, sino un caso especial, dado que es el más sencillo de los espacios tridimensionales posibles.

¹⁰³ Conocidas más tarde como coordenadas gaussianas.

¹⁰⁴ Farkas Bolyai, padre de Janos Bolyai, pasó casi toda su vida intentando demostrar el postulado de las paralelas. Cuando vio que su hijo seguía sus mismos pasos le mandó por carta la siguiente advertencia: “Por amor de Dios te lo ruego, olvídale. Témele como a las pasiones sensuales, porque, lo mismo que ellas, puede llegar a absorber todo tu tiempo y privarte de tu salud, de la paz de espíritu y de la felicidad en la vida”. *Apud.*, Boyer, C. B., *Op. cit.*, p. 674.

¹⁰⁵ W. K. Clifford en su libro *The common sense of exact sciences* (1955) otorgó a la suposición de que el espacio no es homoloide (de curvatura constante) un significado físico.

Las críticas a las nuevas geometrías fueron numerosas, pero la más importante era que no se podía asegurar que no encerraran alguna contradicción. Esta objeción fue eliminada por Eugenio Beltrami (1835-1900) en 1868 y tres años más tarde, de manera más evidente por Felix Klein (1849-1925), discípulo de Julius Plücker (1801-1868) al realizar modelos euclidianos de espacios no euclidianos. La existencia de esos modelos conlleva que si la nueva geometría resulta ser contradictoria, también lo será la geometría euclidiana. Klein fue el que dio los nombres de *geometría elíptica* y *geometría hiperbólica* a las geometrías de Bolyai-Lobachevsky y Riemann respectivamente.

Haciendo una simplificación de las diferentes posibilidades abiertas podemos hacer tres grupos de geometrías dependiendo de su curvatura,¹⁰⁶ del quinto postulado y de sus diferentes negaciones:

| TIPOS DE GEOMETRÍA | Suma de los ángulos de un triángulo | Relación de la circunferencia con el diámetro | Grado de curvatura | Número de paralelas |
|--------------------|-------------------------------------|---|--------------------|---------------------|
| HIPERBÓLICA | $< 180^\circ$ | $P <$ | $K < 0$ | ∞ |
| EUCLIDIANA | 180° | P | $K = 0$ | 1 |
| ELÍPTICA | $> 180^\circ$ | $P >$ | $K > 0$ | 0 |

Veamos el contenido de esta tabla más despacio. Recordemos lo dicho sobre la geometría euclidiana. El quinto postulado de la geometría intuitiva permite el paso de una y sólo una paralela por un punto exterior a una recta dada. Si cambiamos esta condición por esta otra: “por un punto exterior a una línea recta puede pasar más de una línea recta exterior a ella”, nos encontramos con una geometría hiperbólica o de Bolyai-Lobachevsky. Pero si la condición es esta otra: “por un punto exterior a una línea recta no puede pasar ninguna paralela a ella”, estamos frente a una geometría elíptica (o esférica) de Riemann.

Vemos que en la geometría hiperbólica o “trobónica” hay un número infinito de paralelas, mientras que en la geometría elíptica no hay paralelas. La geometría hiperbólica describe la geometría de un plano que está formado sólo por los puntos interiores de un círculo, en el que todas las posibles líneas rectas son

¹⁰⁶ Cfr. supra, pte. IV.2.

cuerdas del círculo. Como se ve en la figura 1, se puede dibujar un número infinito de líneas paralelas a la línea L que pasen por el punto P sin que se corten.¹⁰⁷

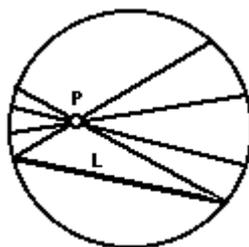


Figura 1

Pensemos ahora en una esfera (caso límite de una elipse). Consideremos su superficie como análoga a un plano. Imaginemos que las rectas son los segmentos de los círculos máximos de la esfera (líneas geodésicas) puesto que son la distancia más corta entre dos puntos. Como vemos, la geodésica forma parte de un círculo máximo. Los círculos máximos son las curvas que se obtienen al seccionar por medio una esfera. En esta geometría no hay paralelas como muestra la figura 2.

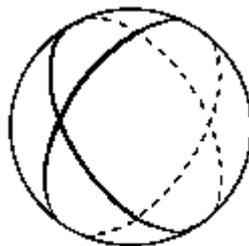


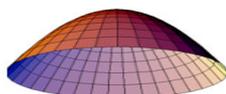
Figura 2

Estas dos geometrías también se diferencian al sumar los ángulos de un triángulo. En la geometría euclidiana la suma de los ángulos de un triángulo es igual a dos rectos, es decir, 180° . En la geometría hiperbólica de Bolyai-Lobachevsky, la suma de los ángulos de un triángulo es menor que 180° . En la geometría elíptica de Riemann, la suma supera los 180° .¹⁰⁸ Siguiendo el ejemplo de la esfera se ve el porqué de estas diferencias.

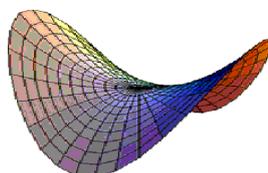
¹⁰⁷ Los ejemplos que muestran las figuras 1 y 2 son sólo para hacernos una idea de lo que pueden significar las geometrías euclidianas, pero simplemente describen casos particulares de la geometría que se puede realizar sobre una esfera, no de los espacios métricos curvos en general.

¹⁰⁸ En concreto, la suma de los ángulos de un triángulo esférico puede ser cualquier valor entre 180° y 540° , dependiendo del tamaño y de la forma del triángulo.

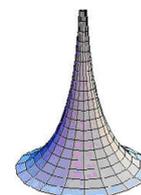
Otra diferencia es la razón de la circunferencia del círculo a su diámetro. Riemann pensó que si interpretamos el “plano” como la superficie de una esfera, y una “línea recta” como la circunferencia de un círculo máximo en dicha esfera obtendremos un modelo de su geometría. Un círculo en el espacio riemanniano se asemeja a un casquete esférico.¹⁰⁹ En este círculo la razón mencionada es menor que π . Sin embargo, en el espacio de Bolyai-Lobachevsky tal razón es mayor que π . Eugenio Beltrami demostró que también había a mano un modelo análogo para esta geometría. Para el espacio hiperbólico se cumplen las propiedades de la seudoesfera,¹¹⁰ por eso un círculo del espacio hiperbólico se asemeja a una silla de montar (paraboloide hiperbólico).



Casquete



Paraboloide hiperbólico



Seudoesfera

VIII.6.2. La curvatura.

Los espacios obtenidos en los casos que acabamos de ver tienen una estructura propia, por tanto las relaciones de medida (métrica) que en ellos se pueden establecer difieren de la estructura del espacio euclidiano. También cambia la curvatura. Ya dijimos algo sobre la curvatura al hablar del espacio en la Mecánica clásica, ahora diremos algo más.¹¹¹

Las superficies euclidianas y no euclidianas tienen en todos sus puntos una “medida de curvatura”. La *curvatura* es un término técnico, pero podemos visualizarlo ayudándonos de una circunferencia en el espacio euclidiano. La curvatura de una circunferencia tal, corresponde a la inversa del radio $k = 1/r$.

¹⁰⁹ Un casquete esférico es un tipo de paraboloide de revolución, es decir, una superficie obtenida al girar una parábola respecto de su eje.

¹¹⁰ Superficie de revolución engendrada por una tratriz al girar alrededor de su asíntota. Se conoce como “seudoesfera” debido a que tiene curvatura constante negativa, mientras que la esfera tiene curvatura constante positiva.

¹¹¹ Cfr. supra, 92.

Cuanto mayor sea el radio, menor será la curvatura. Si tuviéramos un radio muy grande $k \rightarrow 0$ en el límite (orificio) tendríamos una recta cuya curvatura es 0.¹¹²

La curvatura de una superficie en una dirección cualquiera, es la misma que la curva que forma sobre la superficie el plano que la corta perpendicularmente en esa dirección. Sucede que siempre se dan dos direcciones ortogonales o direcciones principales, en las que la curvatura se hace máxima y mínima. El producto de estas dos curvaturas principales recibe el nombre de *curvatura gaussiana* de la superficie en un punto (K). En una esfera todos los círculos máximos se curvan en la misma dirección, por lo que decimos que su curvatura es positiva. Sin embargo, en una seudoesfera o en un toro las líneas se curvan en diferentes direcciones. En estos casos la curvatura es de diferente signo y se dice que tiene curvatura gaussiana negativa.

Para el espacio de Bolyai-Lobachevsky, representado por el modelo de la seudoesfera o de la “silla de montar” (paraboloide hiperbólico), hay un cierto valor negativo que es la medida de la curvatura de cualquier punto de cualquier plano de este espacio. Paralelamente, para todo espacio riemanniano, representado por el modelo de la esfera, hay un cierto valor positivo que es la medida de la curvatura de cualquier punto de cualquier plano de este espacio. En ambos casos la curvatura es constante. Como vimos en el esquema, el espacio euclidiano también tiene curvatura constante $K = 0$. En el espacio hiperbólico $K < 0$. Y en el espacio elíptico $K > 0$. Tales valores no vienen determinados por los axiomas de la geometría, por eso diferentes valores de K darán diferentes espacios. Si los valores de K son negativos estaremos hablando de espacios hiperbólicos. Si los valores de K son positivos nos encontraremos con espacios elípticos. Afortunadamente los teoremas son los mismos en los espacios de Bolyai-Lobachevsky, sucediendo igual en los espacios riemannianos.

Nos gustaría hacer hincapié en que el término “curvatura” hace referencia a la superficie de un modelo euclidiano de un plano no euclidiano. Cuando decimos que la esfera y la seudoesfera tienen superficies con curvatura diferente a cero lo

¹¹² De hecho, a la recta de la geometría euclídea corresponde en la geometría de Lobachevsky el orificio y al plano la orisfera.

decimos en este sentido. No hay que entender, pues, que los planos no euclidianos se “curven” como si se tratara de figuras insertas en un espacio euclidiano. Se utiliza el término “curvatura” porque la estructura geométrica interna de un plano riemanniano es igual a la estructura de la superficie de una esfera euclidiana. Lo mismo sucede con la estructura del plano de Bolyai-Lobachevsky y la superficie de una seudoesfera euclidiana. La seudoesfera recibe ese nombre por este motivo, ya que constituye en esta geometría un modelo localmente perfecto del plano al tomar como rectas sus geodésicas.

Según esto, es sumamente importante no pensar en un plano no euclidiano como algo “curvado” en sentido ordinario, puesto que ya no sería un plano. Estamos tratando con estructuras internas diferentes de las del plano euclidiano. Se dice que estas estructuras no euclidianas son planos porque la estructura de una de sus caras es igual a la estructura de su otra cara. Es como si una esfera fuera convexa por dentro y por fuera, es una idea imposible de intuir. Pese a todo podemos medir su grado de “curvatura”, entendiendo este grado de curvatura (K) solamente en sentido técnico.

Riemann se dio cuenta de que si atribuimos al espacio una curvatura constante deberá ser necesariamente finito aunque ilimitado. Si a esto le sumamos que su geometría es esférica (o elíptica), tenemos las bases geométricas del Universo einsteiniano.¹¹³

VIII.7. Formalismo, logicismo e intuicionismo.

En 1899 apareció el libro de David Hilbert *Fundamentos de geometría* el cual enuncia exactamente las premisas necesarias y suficientes para deducir los teoremas de la geometría tradicional. Estas premisas (axiomas) enuncian relaciones entre unos entes indeterminados de tres clases diferentes (Hilbert los llamó “puntos”, “rectas” y “planos”, pero pudo haberlos llamado de otra manera), de los que únicamente se precisa que satisfagan estas relaciones. Esta manera de entender las matemáticas fue radicalizada por sus sucesores, tomando la figura de Hilbert

¹¹³ Aunque en el Universo relativista la curvatura varía localmente en conjunto es constante.

como representante de la *escuela formalista*. Esta escuela sostiene que la matemática solamente es un juego combinatorio sin sentido, que se juega con signos desprovistos de significado, de acuerdo con ciertas reglas formales arbitrarias pero convenidas de antemano.

La *escuela logicista*, encabezada por Bertrand Russell, identifica la matemática con la lógica, en oposición a C. S. Peirce, pero de acuerdo con Frege.

L. E. J. Brouwer es conocido como el fundador de la *escuela intuicionista*. Esta escuela entiende que la matemática no presupone un lenguaje o una lógica, puesto que tiene su fuente en la intuición directa. Brouwer fundamentó su posición en la existencia de cuestiones en matemáticas a las que no es posible aplicar el principio de tercio excluso para declarar su verdad o falsedad. Otro excelso seguidor de esta escuela fue Hermann Weyl, alumno de Hilbert y colega de Einstein en Zurich en 1913 y defensor de la Teoría de la relatividad en su famoso libro *Espacio-tiempo-materia* (1918).¹¹⁴

Nosotros pensamos que las paradojas que hacen inaplicable el principio de tercio excluso (como la *paradoja del barbero*),¹¹⁵ junto con la *paradoja de Russell*,¹¹⁶ así como el *teorema de Gödel*¹¹⁷, dejan en entredicho las posiciones formalistas y logicistas. No obstante, tampoco creemos que el debate esté cerrado.

VIII.7.1. Kant como precursor de las geometrías no euclidianas.

Como sabemos, para Kant la representación del espacio tiene que ser *a priori*, pues en ella se basan los conocimientos que la geometría expone. También tiene que ser intuitiva, ya que la geometría determina los conceptos espaciales

¹¹⁴ Vid., Körner, S., *Kant*. Traducción de Ignacio Zapata Tellechea. Alianza, Madrid, 1977, pp. 37-39.

¹¹⁵ Un barbero debe afeitarse a todos aquellos y sólo a aquellos habitantes del pueblo que no se afeiten a sí mismos; ¿ha de afeitarse el barbero a sí mismo o no?

¹¹⁶ El conjunto cuyos elementos son todos los conjuntos que no son elementos de sí mismos, ¿es o no es elemento de sí mismo?

¹¹⁷ En realidad son dos los teoremas propuestos por Gödel: El primer teorema de Gödel establece que cualquier teoría matemática coherente T que incluya los números naturales 0, 1, 2... es incompleta: T contiene proposiciones S tales que ni S ni su negación (*no S*) son demostrables en T. El segundo teorema de Gödel afirma que tal teoría T no puede contener la demostración de su propia coherencia (ausencia de contradicciones); la coherencia se puede demostrar en otra teoría mayor T', pero para demostrar que T' es coherente se necesita otra teoría extendida T'', lo que da lugar a una secuencia infinita de teorías.

(espacio, recta, triángulo...) con atributos no implícitos en su definición. La geometría establece proposiciones sintéticas, produce avance en el conocimiento, no se trata de meras tautologías, por lo que debe apoyarse en la intuición. Por eso para Kant la geometría es la prueba de que existe una intuición pura (representación intuitiva y *a priori*) del espacio. Asegura además el valor objetivo de esta representación. Esto explica también la “asombrosa” coincidencia entre la matemática y la estructura espacial de objetos que nunca han sido observados.

La aparición de las geometrías no euclidianas provocó un estudio y una reformulación tan grande de la geometría euclidiana, que nada tiene que ver con la idea que tenía Kant de esta ciencia, sin embargo, estas geometrías no son incompatibles con la filosofía de Kant:

El descubrimiento de Bolyai y Lobachevsky consistió, en negar la validez del postulado de las paralelas y deducir de esta negación (combinada con la afirmación de los demás principios de la geometría clásica) una serie al parecer infinitamente prolongable de consecuencias, sin duda inusitadas, pero en absoluto contradictorias. Un descubrimiento tal no sólo no se opone a la concepción kantiana de la geometría, sino que hasta puede decirse previsto por ella.¹¹⁸

Torretti refuerza su explicación con el siguiente argumento de Arthur Pap:

Sean A_1, A_2, \dots, A_n los axiomas de una geometría euclídea formalizada, de modo que el último corresponda al axioma de las paralelas. Supongamos que los matemáticos han demostrado que el conjunto no euclidiano de axiomas $A_1, A_2, \dots, \text{no-}A_n$ no implica contradicción. Cualquiera que haya de ser nuestro veredicto final acerca de la filosofía kantiana de la geometría, un descubrimiento matemático como éste no refuta una sola opinión de Kant sobre ese tema. Pues sólo establece que el axioma de las paralelas no es analítico (si lo fuera su negación sería contradictoria y por lo tanto incompatible con cualquier otro axioma) y que es lógicamente independiente de los otros axiomas euclidianos. En verdad, la primera parte de esta demostración habría sido espacialmente bienvenida por Kant.¹¹⁹

Para Kant las demostraciones geométricas se guían siempre por la intuición.¹²⁰ En la matemática actual la demostración de los teoremas no necesita apoyarse en la intuición. Dados los axiomas, las definiciones y las reglas lógicas de inferencia, se tiene todo lo que hace falta para establecer los teoremas. En la geometría euclidiana tradicional los teoremas no se deducen rigurosamente de los principios, sino que requieren ciertos principios “implícitos”. Estos principios implícitos se veían como lo intuitivamente evidentes. Así los entendió Kant, pero al

¹¹⁸ Cfr. Torretti, R., *Op. cit.* 189.

¹¹⁹ Pap, A., *An introduction to the Philosophy of Science*. Glencoe 1962, pp. 114 ss. En Torretti, R., *Op. cit.*, 189 n-190 n.

¹²⁰ Cfr. *KrV.*, A 717/B 745.

menos él comprendía la matemática de su tiempo, no como aquellos que la fundamentaban en un sistema deductivo mucho antes de que se pudiera hacer tal cosa.

De todos modos, las ideas de Kant acerca de una geometría generalizada se cortan en la *Disertación*, en la que concluye que aquel que prescriba otras relaciones espaciales diferentes a las que establece la geometría euclídea “realiza en vano su trabajo, porque se ve obligado a utilizar esa misma representación como medio para apoyar su ficción”.¹²¹

Dado que las geometrías no euclídeas no sólo existen en el ámbito de la matemática pura, sino que con la Teoría de la relatividad adquirieron interpretación física, y dado que la única manera de entender una teoría física es relacionándola con nuestro mundo intuitivo; no podemos por menos que estar de acuerdo con Kant. En efecto, en último extremo tenemos que tener un punto de contacto entre la teoría y el mundo percibido, de lo contrario la teoría no pasa de ser una ficción. Sin embargo, los objetos de las geometrías no euclídeas carecen de imagen. En la cuarta parte de este trabajo intentaremos resolver tan intrincadas cuestiones.

¹²¹ *Dissertatio*, 24 (Ak., II, 404-405).

Cuarta parte

Álgebra de la experiencia.

Cuando Arquímedes trazó un polígono de 96 lados en torno al círculo e inscribió otro semejante en él, para establecer cuánto menor era el círculo que el primero y cuánto mayor era que el segundo ¿puso o no una intuición bajo su concepto del citado polígono regular? Inevitablemente tuvo que ponerla a la base de éste, aunque no dibujándola de hecho (lo que sería una exigencia innecesaria y absurda), sino en cuanto conocía la regla de la construcción de su concepto, es decir, su capacidad de determinar la magnitud del mismo con tanta aproximación como él quisiera a la del objeto en cuestión, y de dar así este último en la intuición con arreglo al concepto, con lo cual pudo demostrar la realidad de la regla misma, y con ella, también la de este concepto para el uso de la imaginación.

Immanuel Kant, *Respuesta a Eberhard*. (Ak., VIII, 212).

IX. Conocimiento empírico y conocimiento a priori.

IX.1. Apriorismo y empirismo. IX.2. Los juicios sintéticos *a priori*. IX.3. El espacio y el tiempo en la estética trascendental. IX.3.1. El tiempo simultáneo. IX.3.2. La exposición metafísica del espacio y del tiempo. *Espacio y tiempo como representaciones a priori*. Espacio y tiempo como intuiciones puras. IX.4. La exposición trascendental del espacio y el tiempo. IX.5. El tiempo sucesivo. XI. 6. Espacio y tiempo en la Analítica trascendental. IX.7. Conceptos fundamentales de la deducción trascendental de 1781.

IX.1. Apriorismo y empirismo.

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 euclídea 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, valga 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 hemos entendido, por tanto, a que suelo experimental se estaba refiriendo.³

Schlick, fundador del Círculo de Viena dejó claro que:

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.⁴

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

² Minkowski, H., "Raum und Zeit". Conferencia pronunciada el 21 de septiembre de 1908 en Colonia, en Lorentz, Einstein, Minkowski, *Das Relativitätsprinzip*. Teubner, Stuttgart, 1982, p. 54.

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

⁴ Schlick, M., "Kritizistische oder empiristische Deutung der neuen Physik?", *KS*. 26 (1921), 1921, p. 100.

Precisamente eso es lo que nos proponemos en esta investigación. En esta parte introduciremos algún cambio en la filosofía de Kant para poder entender a las geometrías no euclídeas como juicios sintéticos *a priori*.

IX.2. Los juicios sintéticos *a priori*.

Tanto la metafísica como la matemática son un sistema de conocimientos *a priori*, pero son muy diferentes. La *Analítica trascendental* trata de la fundamentación de la posibilidad de una ontología que se mantenga dentro de los límites de la experiencia. Desde aquí se entiende el conocimiento como la representación referida conscientemente a un objeto. El conocimiento empírico hace referencia a:

- *Intuiciones empíricas*: Representaciones sensoriales directas.
- *Conceptos empíricos*: Comparación, reflexión y abstracción ejercidas sobre intuiciones empíricas.
- *Juicios empíricos*: Hechos o situaciones conocidos directa o indirectamente por vía sensorial.
- *Experiencia*: El conjunto de los juicios empíricos enlazados en un sistema. El conocimiento empírico es conocimiento por percepciones enlazadas.

Para Kant una representación empírica de la que soy consciente es una percepción; aquello que pienso ante la representación de la imaginación mediante la aprehensión y comprensión de lo múltiple de la percepción es el conocimiento empírico del objeto, y el juicio que expresa un conocimiento empírico es experiencia. Por consiguiente, si decimos que el conocimiento es experiencia, por experiencia no se puede entender la costumbre, como entienden los empiristas, sino conocimiento por percepciones enlazadas. Los empiristas entienden por experiencia el mero agregado de datos perceptivos relacionados accidentalmente entre sí. Para Kant la experiencia tiene otra acepción además de la mencionada, experiencia es aquel conocimiento empírico-objetivo obtenido por medio de percepciones

enlazadas de un modo necesario en virtud de la actividad apriorístico-constitutiva del sujeto cognoscente.

El conocimiento *a priori* consta de intuiciones *a priori*, conceptos *a priori* y juicios *a priori*:

- *Intuiciones a priori*: Representaciones ligadas a nuestra receptividad sensible, que sin embargo no están determinadas por una afección pasiva. No son representaciones de objetos, sino órdenes posibles que todo objeto sensible satisface. Las intuiciones puras son el espacio y el tiempo. En este punto nos valdremos de Cassirer, para el cual la teoría kantiana puede ser salvada si atendemos solamente al espacio y al tiempo como formas puras de la intuición.⁵ De este modo, al hablar del espacio no presupondremos ya una u otra geometría.⁶ 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.
- *Conceptos a priori*: Se forman por reflexión sobre la actividad del propio pensamiento, provocada por los datos de los sentidos. Son parte necesaria de los juicios *a priori*. 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.
- *Juicios a priori*: Juicios que establecen la verdad de una cosa sin atender a los datos de los sentidos.

Hablar de juicios sintéticos *a priori* parece a primera vista una contradicción. Sin embargo Kant no admite que mediante meros juicios analíticos se pueda conocer lo que existe. Desde 1770 Kant habla de las intuiciones puras del espacio y el tiempo. Este conocimiento cae fuera del puro pensamiento conceptual, pero no depende de los sentidos. Estos juicios posibilitan la matemática y proporcionan la clave para resolver la cuestión de las condiciones y límites del conocimiento

⁵ Cfr. Cassirer, E., *Zur modernen Physik*. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1972, pp. 67-115.

⁶ Cfr. Lorenzo, J. de, *Kant y la matemática*, Tecnos, Madrid, 1992, pp. 38-39.

metafísico. Los juicios analíticos son aquellos en los que el predicado está contenido en el sujeto, mientras que los predicados de los juicios sintéticos añaden algo al sujeto:⁷

Podríamos también denominar los primeros juicios *explicativos*, y *extensivos* los segundos, ya que aquellos no añaden nada al concepto del sujeto mediante el predicado, sino que simplemente lo descomponen en sus conceptos parciales, los cuales eran ya pensados en dicho concepto del sujeto (aunque de forma confusa). Por el contrario los últimos añaden al concepto del sujeto un predicado que no que no era pensado por él ni podía extraerse de ninguna descomposición suya.⁸

A esta definición se le han hecho numerosas críticas que podemos resumir en las siguientes:

1. Sólo es aplicable a los juicios que constan de sujeto y predicado (juicios categóricos) y no todos los juicios de la metafísica son así.
2. Hay juicios que no son analíticos pero lo parecen. (Juicios categóricos particulares).
3. Todos los juicios son sintéticos porque implican una síntesis.
4. Todo juicio es analítico porque su predicado está contenido en el sujeto.
5. A medida que sepamos más del objeto, es decir, que nuestros conceptos sean más ricos, se tornarán en analíticos.

La tercera crítica es un juego de palabras. La cuarta crítica confunde el objeto con su concepto. La quinta puede dificultar la clasificación, pero tal cosa no ocurre si concedemos que en matemáticas los conceptos han sido definidos con toda precisión y la metafísica trata de conceptos universales y necesarios. Las dos primeras críticas son más complejas. La segunda crítica parte de la consideración de que la distinción analítico/sintética es una distinción lógica, mientras que la diferenciación *a priori*/*a posteriori* es epistemológica.⁹ Sin embargo, las dos dicotomías dan lugar a una tripartición cosa que es debida a que la clasificación se hace desde un solo punto de vista, el de la fuente que le confiere su validez.¹⁰

⁷ Cfr. *supra*, 117 nota 76.

⁸ *KrV.*, A 7/B 11.

⁹ Cfr. Carnap, R., *Op. cit.*, 240-246.

¹⁰ Cfr. Torretti, R., *Manuel Kant. Estudio sobre los fundamentos de la filosofía crítica*, Ediciones de la universidad de Chile, Chile, 1967, p. 234.

Aún resta la primera y más importante crítica, cuya solución pasa por entender la definición de juicio de manera general, diciendo, que la validez de los juicios analíticos puede comprobarse dentro del entendimiento, mientras que la validez de los juicios sintéticos excede el marco del puro entendimiento.

Hemos visto que para los empiristas solamente existen juicios analíticos (*a priori*) y sintéticos (*a posteriori*), por lo que la metafísica no es posible. Para Kant la intuición pura del espacio y del tiempo no es puramente conceptual y no depende de la afección de los sentidos. Por consiguiente, puede haber juicios sintéticos *a priori*, los de las matemáticas.

A fin de acabar con un equivoco bastante frecuente, analicemos el famoso argumento de Kant en el que se vale de la proposición $7 + 5 = 12$ para demostrar que la matemática se compone de juicios sintéticos *a priori*:

Se podría pensar, de entrada, que la proposición $7 + 5 = 12$ es una simple proposición analítica, que se sigue, de acuerdo con el principio de contradicción, del concepto de suma de siete y cinco. Pero, si se observa más de cerca, se advierte que el concepto de suma de siete y cinco no contiene otra cosa que la unión de ambos números en uno sólo, con lo cual no se piensa en absoluto cuál sea ese número único que sintetiza los dos. El concepto de doce no está todavía pensado en modo alguno al pensar yo simplemente dicha unión de siete y cinco. Puedo analizar mi concepto de esa posible suma el tiempo que quiera, pero no encontraré en tal concepto el doce.¹¹

Según Kant, los juicios de la matemática no cumplen el criterio de analiticidad. El predicado no está contenido en las notas del sujeto. Sin embargo, recordemos que la igualdad cumple la propiedad conmutativa, gracias a ella se pueden realizar ecuaciones. Según esto podemos tomar el resultado (“12”) como sujeto y decir que el juicio $12 = 7 + 5$ es igual al formulado por Kant. Podrá objetarse que este juicio no es idéntico al anterior desde la forma gramatical sujeto-predicado, pero eso es una cuestión de perspectiva.

¹¹ *KrV.*, B 15.

Desde esa conmutatividad observamos una serie de notas obligatorias entre las cuales se encuentra el predicado “7 + 5”:

$$12 = 1 + 11 \quad 12 = 11 + 1^{12}$$

$$12 = 2 + 10 \quad 12 = 10 + 2$$

$$12 = 3 + 9 \quad 12 = 9 + 3$$

$$12 = 4 + 8 \quad 12 = 8 + 4$$

$$12 = 5 + 7 \quad 12 = 7 + 5$$

$$12 = 6 + 6^{13}$$

La conclusión a la que llegamos compromete la utilidad de la distinción entre juicios analíticos y juicios sintéticos. Es un callejón sin salida, pero, afortunadamente, esta formulación ingenua no es el tema central de la *Crítica*, aunque sí el de los *Prolegómenos*. El auténtico argumento a favor de que la matemática esté compuesta, toda ella, por juicios sintéticos *a priori* es que de lo contrario, el conocimiento no se podría fundamentar. La eulisis a esta aporía que, como toda aporía nos muestra la imposibilidad de lo necesario, tiene que venir de una fuente que no sea conceptual ni empírica. La genialidad de Kant se manifiesta a las claras al encontrar tal requerimiento: *la intuición pura*.

IX.3. El espacio y el tiempo en la estética trascendental.

Desde luego, la intuición pura fue una buena solución al problema del conocimiento, hasta que aparecieron las geometrías no euclídeas. Con la nueva geometría comenzaron las discrepancias entre la filosofía crítica de Kant y la física. Esto sucedió porque lo que realmente llevó a Kant a entender al espacio como intuición fue su concepción de la geometría. Si eliminásemos la intuición de la geometría eliminaríamos la concepción kantiana del espacio.

En el capítulo primero de la *Doctrina trascendental del método* el conocimiento matemático se define como el conocimiento obtenido por construcción

¹² Evidentemente, la suma también cumple la propiedad conmutativa.

¹³ Cfr. Lorenzo, J. de, *Op. cit.*, 70.

de conceptos, frente al conocimiento filosófico que es un conocimiento racional derivado de conceptos. Para construir un concepto hace falta una intuición no empírica que se refiera a un objeto singular como intuición y que sea universal como construcción de un concepto; tiene que expresar en su representación una validez universal en relación con todas las posibles intuiciones pertenecientes al mismo concepto.¹⁴

La *construcción* es el acto que crea la definición de un concepto, definición que no podría obtenerse por mero análisis de éste:

Un concepto capaz de determinar enteramente *a priori* su objeto no es ciertamente una intuición, pero tampoco es estrictamente un concepto. Es una *regla de construcción* de un objeto rigurosamente singular, su objeto en la intuición pura. Se agota, por decirlo así, en la producción de un individuo puro, en hacer de la multiplicidad pura dada un solo ente. El que el elemento de la construcción sea “puro” dota a la regla de su peculiar universalidad y necesidad, de manera que se puede decir que en matemática se conoce lo universal en lo singular. Por lo mismo, cabe decir que un objeto singular que, no teniendo otra razón de ser que la instrucción por virtud de la cual es producido, hace de esta una regla universal no es, ciertamente una cosa, ni siquiera posible, pero tampoco es sin más un mero pensamiento posible. Es más bien la sombra de una cosa posible, un objeto matemático.¹⁵

Lo que induce a Kant a sostener que el espacio es una intuición pura es que entiende la geometría como conocimiento sintético *a priori*, cuya posibilidad ha de ser explicada a partir de la noción de espacio, lo cual es muy coherente, lo que sucede es que aún no se conocían las geometrías no euclídeas, por eso puede decir que:

La geometría es una ciencia que establece las propiedades del espacio sintéticamente y, no obstante *a priori*. ¿Cuál ha de ser, pues, la representación del espacio para que sea posible semejante conocimiento del mismo? Tiene que ser originariamente una intuición, ya que de un simple concepto no pueden extraerse proposiciones que vayan más allá del concepto, cosa que, sin embargo, ocurre en la geometría.¹⁶

Las geometrías no euclídeas no son intuitivas, por eso ensayaremos una “corrección” de la filosofía kantiana que pueda dar cuenta de éstas geometrías no intuitivas desde la concepción kantiana de la matemática, como compuesta toda ella de juicios sintéticos *a priori*.

Kant entiende la Estética trascendental como la *ciencia de todos los principios a priori de la sensibilidad*. La sensibilidad es la facultad de nuestra mente de recibir

¹⁴ Cfr. *KrV.*, A 713/B 741.

¹⁵ Navarro Cordón, J. M., “Facticidad y trascendentalidad”. En *Métodos del pensamiento ontológico*. Rodríguez, R., (editor), Síntesis, Madrid, 2002, Capítulo 1, p. 59.

¹⁶ Cfr. *KrV.*, B 41.

representaciones al ser afectado por objetos. El objeto es cualquier cosa externa que nos afecte directa o indirectamente. Por tanto, un objeto que nos afecte indirectamente es también un objeto sensible.¹⁷

IX.3.1. El tiempo simultáneo.

El espacio es una modalidad del tiempo (simultaneidad). El tiempo tiene otra modalidad estrictamente temporal, la sucesión.¹⁸

- Aspectos del tiempo: serie, contenido, orden y conjunto.
- Modalidades: sucesión y simultaneidad.
- Relación de los fenómenos con el tiempo: Permanencia, sucesión y simultaneidad.
- Relaciones temporales que se pueden dar entre los fenómenos (relaciones de los fenómenos entre sí): Sucesión y simultaneidad.

Entendemos, pues, que el espacio es aquella modalidad del tiempo que toma a la intuición pura como simultánea.

No entendemos que el tiempo sea la forma del sentido interno. Estamos de acuerdo con la crítica que hace Torretti a esa concepción por los problemas que acarrea.¹⁹ Preferimos entender al tiempo como la forma universal de la sensibilidad, tal y como hace Kant en el § 14 de la *Dissertatio*.²⁰

Nuestra interpretación sustituye, para las geometrías no euclídeas, la intuición pura por *el esquema*. Si entendemos el tiempo *no sólo como* la forma del sentido interno, podremos comprender que la síntesis que organiza la multiplicidad pura del tiempo en esquemas, conforme a las categorías, valga para los objetos del mundo externo, sean directamente o indirectamente percibidos. La sensibilidad será entendida, por tanto, como la facultad de nuestra mente que da cuenta de las representaciones de objetos que nos afectan directamente mediante una intuición

¹⁷ Cfr. inf., 346-347 nota 267.

¹⁸ Cfr. Torretti, R., *Op. cit.*, 169 n. 232.

¹⁹ *Ibíd.*, 169 n. 232, 209-214, 381-382, 513 n. 72 y 73.

²⁰ *Vid.*, *supra*, 78-79 y notas 147 y 148.

empírica, o mediados conforme a las analogías de la experiencia. El espacio y el tiempo siguen siendo, igual que para Kant, las condiciones de posibilidad bajo las cuales los objetos pueden ser dados a nuestros sentidos.

IX.3.2. La exposición metafísica del espacio y del tiempo.

Kant entiende que una definición es un análisis exhaustivo. ¿Qué entiende por exposición?:

Por exposición (*expositio*) entiendo la representación clara (aunque no sea detallada) de lo que pertenece a un concepto. La exposición es *metafísica* cuando contiene lo que nos muestra el concepto *en cuanto dado a priori*.²¹

Espacio y tiempo como representaciones a priori.

Los dos primeros argumentos de la exposición metafísica del espacio de la *Estética trascendental* son coherentes con nuestra interpretación. En ellos muestra que el espacio no es un concepto empírico, sino una representación *a priori* que sirve de base a las intuiciones empíricas.²² El primer argumento establece que el espacio y el tiempo son condiciones de posibilidad para poder percibir o imaginar lo exterior al sujeto, por lo que no son representaciones empíricas. El segundo argumento dice que el espacio y el tiempo son representaciones *a priori*, ello se debe, según Kant a que podemos representarnos un espacio vacío, pero no objetos sin espacio. Paralelamente, podemos pensar el tiempo sin acontecimientos, pero no podemos representarnos acontecimientos sin estructura temporal.²³

Dado que el espacio es la forma de percibir los objetos externos precede a toda sensación. El espacio es, por tanto, anterior a la percepción y no derivado de ella puesto que puedo saber, antes de cualquier tipo de afección, que todo objeto de los sentidos ha de ser contemplado según esta forma de la sensibilidad. Ésta concepción del espacio conduce directamente a entenderlo como *a priori*, ya que si fuera percibido de algún modo, no podría ser una forma pura de la sensibilidad:²⁴

²¹ *KrV.*, B 38.

²² Cfr. *Ibíd.*, A 23-24/B 38-39 y A 30-31/B 46-47.

²³ Ya comentamos que este argumento no debe ser tomado en sentido psicológico. *Vid.*, supra, 78.

²⁴ Cfr. *Ibíd.*, A 26/B 41-42 y *Proleg.* § 9 y 10, 83 y 85. (*Ak.*, IV, 282-283).

El objeto indeterminado de una intuición empírica recibe el nombre de *fenómeno*. Lo que, dentro del fenómeno, corresponde a la sensación, lo llamo *materia* del mismo. Llamo, en cambio, *forma* del fenómeno aquello que hace que lo diverso del mismo pueda ser ordenado en ciertas relaciones.²⁵

La primera edición de la *Crítica* decía que la forma del fenómeno es aquello que hace que lo múltiple sea *intuido como ordenado* y no sólo ordenado como dice en el texto.²⁶ Tal cambio radica en que ahora la ordenación la realizará el entendimiento, no la sensibilidad.

Espacio y tiempo como intuiciones puras.

Los argumentos siguientes de la exposición metafísica del espacio²⁷ y del tiempo muestran que espacio y tiempo son intuiciones, y no conceptos.²⁸ Kant entiende por concepto aquella representación general que contiene las notas comunes a diferentes objetos individuales. Una intuición es, sin embargo, aquella representación singular e individual, la representación de un objeto concreto.

Nuestra representación del espacio y del tiempo es única, es decir, la multiplicidad de espacios no es entendida como espacios diferentes, sino que surgen al limitarlo. Las partes no preceden al espacio, sino que son pensadas dentro de él. Todos los diferentes espacios posibles son parte de un mismo espacio, todos los diferentes tiempos posibles son parte de un mismo tiempo. Espacio y tiempo son, consiguientemente, uno e individual, y como tal, deben ser conocidos primariamente por la intuición y no por conceptos. Un todo que se compone de partes simples es un todo sustancial, el cual es pensado en el entendimiento. Sin embargo, cuando hablamos de un todo fenoménico, como es el caso del espacio, sucede lo contrario. De algo intuido en el espacio no puede haber partes simples preexistentes ya que el espacio mismo carece de dichas partes. Incluso el punto se concibe como límite y no como parte.²⁹ El espacio y el tiempo no constan de partes simples.³⁰ Lo simple queda fuera del ámbito de los sentidos ya que puede establecerse exclusivamente por la

²⁵ *KrV.*, B 34.

²⁶ *Ibíd.*, *KrV.*, A 20.

²⁷ En la primera edición de la *Crítica* se corresponden con los argumentos cuarto y quinto.

²⁸ *Cfr. Ibíd.*, A 24-25/B 39-40 y A 31-32/B 47-48.

²⁹ *Cfr. supra*, 90 y 136.

³⁰ *Cfr. Respuesta a Eberhard.* (Ak., VIII, 202 ss.).

razón, no por la intuición. Sin embargo, la razón necesita anteponer lo simple a lo compuesto para tomarlo como su fundamento. En ayuda de este problema viene la idealidad del espacio y el tiempo.³¹

En la *Estética trascendental* se establece que la representación de las partes como límites de un espacio único implica que sea conocido por la intuición. Si el espacio fuera un concepto abstracto debería ser abstraído de realidades individuales previas, pero como las partes son representaciones de límites en él y suponen todo el espacio, su noción se constituye como representación intuitiva. Aquí comienzan los problemas para que la fundamentación de Kant pueda aplicarse a las geometrías no euclidianas. Pero veamos antes un último argumento referido a la infinitud del espacio y del tiempo. Acerca de la infinitud de espacio Kant dice que:

Ningún concepto, en cuanto tal, puede pensarse como conteniendo en sí una multitud de representaciones.³²

Como el espacio lo hace, ha de ser intuición. El concepto subsume un infinito número de representaciones pero no las contiene en sí, cosa que el espacio sí hace.

Sobre la infinitud del tiempo Kant argumenta que la representación de un tiempo omnicomprensivo es anterior no sólo a nuestras intuiciones empíricas, sino también a nuestros conceptos de temporalidad. Si el tiempo fuera un concepto no se podrían conocer sus partes como límites de esa representación, sino como objetos individuales que caen bajo un concepto.

La representación del infinito no es intuitiva, pero la infinitud del espacio y del tiempo no es actual, sino potencial. Es decir, el espacio y el tiempo como intuiciones no se refieren a un infinito en acto, sino a la posibilidad ilimitada de encontrar nuevos términos en un progreso indefinido.³³ El espacio y el tiempo representables son las intuiciones puras, no las formas puras de la intuición, las cuales no son representables.³⁴

Nosotros pensamos que aquello que contiene en potencia una infinitud es concepto y, aquello que contiene en sí una infinitud es intuición. Una intuición que

³¹ *Vid.*, supra, pte. XI.2.2.

³² *KrV.*, B 40.

³³ *Cfr.* *Ibíd.*, A 25/B 39-40.

³⁴ *Cfr.* Torretti, R., *Op. cit.*, Anexo V pp. 563-564. En él se reproduce un fragmento (Ak., XX, 419-421) de la *Réplica contra Kästner* (Ak., XX, 410-423).

contiene una infinitud en sí, pero no en acto sino en potencia, está a medio camino entre la intuición y el concepto. En la doctrina del esquematismo³⁵ Kant introduce una representación mediadora pura que es el patrón de aplicación sensible de las categorías, el cual recibe el nombre de *esquema trascendental*. El esquema nos da el patrón de construcción sensible de algo que no puede ser ni intuición ni concepto. Por eso proponemos entender el esquema como aquello que sin ser intuición, proporciona un conocimiento sintético *a priori*.

Creemos que ese es el caso del *infinito potencial*. El esquema no es algo sensible, pero es la condición de posibilidad de lo sensible puro. Tampoco es concepto, puesto que el concepto es susceptible de caer en la ilusión trascendental y el esquema no, ya que parte del trato con las cosas. Los esquemas no son algo independiente del mundo humano porque se fraguan en él, se generan en la interacción de los sujetos operatorios con el mundo objetivo, porque así es como el espacio y el tiempo pertenecen a nuestra sensibilidad.

Sin embargo, compartimos plenamente que si no se da sensación, los objetos designados por un “juicio esquemático” son sólo sombras de objetos, objetos matemáticos y no objetos con existencia real.³⁶ Consiguientemente, tiene que haber alguna suerte de intuición pura que abarque tanto a los objetos euclídeos como a los no euclídeos, esa intuición es el tiempo como forma de la sensibilidad toda. Por ello quisiéramos dar un argumento más a favor de que el espacio sea intuición y no concepto. Se trata del argumento de las parejas incongruentes aplicado al tiempo. Este argumento lo aplicó Kant al espacio en otras obras y con diferentes propósitos, pero no aparece en la *Crítica*.³⁷ De todas formas, sabemos que el argumento de las parejas incongruentes no sirve para el espacio, dado que la matemática puede pensarlo de manera analítica ya que se trata de una relación simétrica, reversible. Sin embargo, la relación temporal es asimétrica e irreversible, no puede ser pensada analíticamente.

El tiempo ofrece una relación asimétrica. Como dice Torretti, esta asimetría tiene una alcance ontológico puesto que si A precede a B y existe actualmente, B no

³⁵ *KrV.*, A 137/B 176.

³⁶ Utilizando la expresión de Juan Manuel Navarro en el texto citado, cfr. *Supra*, 235 nota 15.

³⁷ *Vid.*, *supra*, 60 nota 121.

existe, es futuro y una conducta inteligente puede modificar su contenido.³⁸ Sin embargo, el pasado está determinado totalmente:³⁹

Para reconocer los términos de una relación temporal y para comprender su significado ontológico hace falta vivirla, o como dice Kant, captarla directamente (intuirla) en su efectiva singularidad.⁴⁰

El tiempo requiere intuición en virtud de su irreversibilidad (hecho que corrobora la Teoría de la relatividad). Este argumento hace que la concepción intuitiva prime sobre las demás. Es decir, la experiencia posible tiene que ser vivida, intuida, por eso necesitamos conexión con una percepción intuitiva.⁴¹

Según lo dicho, el espacio es aquella modalidad simultánea y reversible del tiempo que puede ser tomada como intuición pura en algunos casos, dando lugar a la geometría euclídea y, como esquema puro en otros, dando lugar a las geometrías no euclídeas. Mientras no tengamos una intuición espacial indirecta de un objeto matemático, posibilitada por el tiempo como única intuición pura compartida, a través de la categoría de la causalidad, tal objeto será puramente esquemático, pero si se da enlazado a la experiencia intuible tal objeto existirá realmente.

Un juicio esquemático es sintético *a priori* en virtud del tiempo y su modalidad el espacio como formas puras de la intuición, y del tiempo (excluyendo el espacio) como intuición pura. La intuición pura del tiempo no proporciona imagen alguna, pero permite que la experiencia pueda ser enlazada y genere así un espacio en el que unas percepciones puedan ser indicio de otras que no se perciben mediante el sentido externo, pero que pertenecen a la sensibilidad porque de lo contrario serían de naturaleza nouménica.

³⁸ Cfr. R. 5616 (Ak., XVIII, 256).

³⁹ Cfr. Torretti, R., *Op. cit.*, 172.

⁴⁰ Ídem.

⁴¹ Lo que ha ocurrido no puede dejar de ocurrir según la causalidad, pero podía haber ocurrido de otra manera igualmente causal. El futuro sólo puede ser entendido causalmente, pero la causalidad incluye un cierto margen de variabilidad. Esta idea expresa la esencia de la libertad. La conjugación de la libertad con el determinismo es lo que rige la solución a las antinomias dinámicas de la razón. *Vid.*, inf., 293 nota 125.

IX.4. La exposición trascendental del espacio y el tiempo.

Al comienzo del § 3 Kant nos explica qué es una exposición trascendental:

Entiendo por exposición trascendental la exposición de un concepto como principio a partir del cual puede entenderse la posibilidad de otros conocimientos sintéticos *a priori*.⁴²

Esos otros conocimientos *a priori* son los que proporciona la matemática. La exposición trascendental hace depender la objetividad de la matemática del hecho de que espacio y tiempo sean intuiciones puras (que es lo que ha mostrado en la exposición metafísica).

Kant entiende que la ciencia del espacio es la geometría:

La geometría es una ciencia que establece las propiedades del espacio sintéticamente y, no obstante, *a priori*.⁴³

Después de esto se esperaría que tal y como parece manifestar en los *Prolegómenos*⁴⁴ y en el *Esquematismo*,⁴⁵ dijera que la Aritmética es la ciencia del tiempo, pero no lo dice. En la exposición trascendental no figura una ciencia completa que tenga su origen en la intuición pura del tiempo. Lo que sí hace Kant es dar ciertos axiomas del tiempo en general que valen como reglas bajo las que son posibles determinadas experiencias.

Otro argumento añadido en la segunda edición es que el principio de contradicción solamente es aplicable a un instante, a un corte (espacial) del tiempo, de lo contrario se negaría el cambio y el movimiento. El tiempo es forma *a priori* de la sensibilidad, mientras que el principio de contradicción es un principio del entendimiento que no se sujeta exclusivamente al uso puro de éste, sino que vale para todo uso lógico.⁴⁶ Por eso Kant lo formula de esta manera: “a ninguna cosa le es adecuado un predicado que la contradiga.”⁴⁷

Las matemáticas proporcionan un conocimiento sintético *a priori* porque sus juicios constan de esquemas, los cuales son híbridos de la intuición pura del tiempo

⁴² *KrV.*, B 40.

⁴³ Ídem.

⁴⁴ *Proleg.* § 10, 149. (Ak., IV, 383).

⁴⁵ *KrV.*, A 143/B 182.

⁴⁶ Cfr. Palacios, J. M., *El idealismo trascendental: teoría de la verdad*. Gredos, Madrid, 1979, pp. 68-69.

⁴⁷ *KrV.*, A 151/B 190.

y los conceptos puros del entendimiento. Los esquemas son para la geometría euclídea intuiciones puras porque generan una imagen, gracias a que se aplican a la estructura intuitiva del espacio. Sin embargo, para las geometrías no euclídeas no son evidentes de suyo, tienen carácter axiomático porque no se aplican a la estructura intuitiva del espacio y no generan, en consecuencia, imagen. Los esquemas son los que hacen que las categorías sólo se apliquen a lo sensible, es decir, al espacio y al tiempo. Lo sensible espacial puede ser no intuible *a priori* pero intuible empíricamente, sin embargo, conserva su carácter intuitivo en virtud de su temporalidad.

Lo sensible no intuitivo hace referencia a aquel campo de la experiencia posible del cual no hay sensación (y por tanto tampoco percepción) directa de sus fenómenos, pero que se encuentran enlazados indirectamente con la experiencia posible debido a que comparten la principal forma de intuición, el tiempo. El enlace indirecto de los fenómenos no intuibles *a priori* consiste en una relación por indicios (la cual es una relación finita, si fuera infinita sería Dios la causa primera) de fenómenos, los cuales se escapan a la intuición sensible humana debido a su peculiar estructura espacial, pero que no son objetos nouménicos ya que pueden ser regulados por las categorías esquematizadas. Son objetos esquemáticos, (objetos matemáticos).

Hay, pues, tres tipos de objetos:

- Nouménicos: Carecen de esquema.
- Fenoménicos:
 - Esquemático – intuitivos.
 - Esquemático – conceptuales.

Esto explica que ciertas operaciones euclídeas se apoyen en la intuición, mientras que las no intuitivas vengán definidas analíticamente, sin embargo, estas últimas, conservarán su carácter intuitivo temporal. Prueba de ello es que los espacios de la geometría no euclídea se manejen mediante planos euclídeos infinitesimales.

Tenemos también otro tipo de “objetos” que, en rigor, no son objetos porque les falta algo. Se dice que algo es *ens rationis* cuando al concepto le falta intuición

precisable. Pero al objeto no euclidiano⁴⁸ no le falta intuición precisable si es objeto de percepción indirecta.⁴⁹ La matemática toda, es aplicable al mundo fenoménico porque parte de la intuición pura del tiempo. El tiempo dota de racionalidad al mundo, si además de la intuición pura del tiempo poseemos intuición empírica del espacio y del tiempo mediada por un fenómeno directamente intuible (de primer orden), en tal caso el objeto del que tratemos existirá realmente. Un objeto sin intuición empírica precisable es un *ens rationis*. Si el ente de razón es un objeto temporal, está configurado según la estructura racional de configuración del mundo fenoménico, la cual tiene carácter intuitivo temporal, estaremos ante un objeto matemático. El objeto matemático es un objeto posible porque es lógicamente posible y porque es susceptible de ser enlazado, mediante una percepción indirecta, con el resto de la experiencia posible. Si ocurre esto último el objeto adquiere existencia. El objeto matemático se da en un espacio virtual, generado por la modalidad simultánea (irreversible) del tiempo como intuición pura y es manejado mediante una geometría euclídea diferencial. Si el objeto matemático o virtual es enlazado con el resto de la experiencia adquiere una nueva categoría que hasta entonces no tenía, la existencia.

La geometría no euclídea es geometría tempo-espacial.⁵⁰ Es intuitiva porque necesita la intuición pura del tiempo porque depende de la geometría euclidiana, es espacial porque el espacio es la modalidad simultánea, recíproca, del tiempo y sus objetos pueden existir porque pueden ser percibidos indirectamente. Mientras no exista percepción sus objetos serán meros objetos matemáticos, cuando se dé percepción sus objetos serán realmente existentes. Pero en ambos casos comparten con el mundo al que se aplican la estructura temporal ideal que pone el sujeto, la razón en el mundo es la estructura temporal inherente al ser humano (y a todo ser racional).

Los objetos no euclidianos no son *nihil privativum* ni *ens imaginarium* ni *nihil negativum* porque el esquema nunca puede ser vacío, o carecer de objeto, cosa que sí puede sucederle al concepto.

⁴⁸ Objeto no euclidiano: Unificación (síntesis) de las propiedades de aquellos fenómenos que responden a estructuras espaciales no intuitivas. Cualquier objeto sometido a una geometría no euclídea. Objeto transfigurado.

⁴⁹ Cfr. *Ibíd.*, A 292/ B 348.

⁵⁰ Con la expresión “tempo-espacial” queremos enfatizar que el espacio es una modalidad del tiempo.

El objeto trascendental es el objeto esquemático puro. Es el objeto sensible básico, máximamente general. Se diferencia de la *cosa en sí*, en que ésta no es espacio-temporal y el objeto trascendental sí lo es. Qué estructura espacial tenga es cosa que se determinará más tarde, dejando ya de ser el objeto trascendental para ser el objeto general de una u otra configuración de la experiencia.

La experiencia generada por el objeto general no euclídeo en general será *experiencia intrateórica*, enlazable a la experiencia intuitiva. Ambas conforman la experiencia en general.

También tenemos objetos trascendentales (generales) más específicos: los objetos que cumplan las condiciones mínimas impuestas por sus diferentes estructuras espaciales:

- Objetos generales de la experiencia intuitiva. (El objeto trascendental al que se refiere Kant).
- Objetos generales de las experiencias no intuitivas: Geometría hiperbólica, riemanniana...

Según sea la curvatura y la dimensionalidad (propiedades susceptibles de no ser intuitivas) del espacio, así el objeto general propio de esa geometría será de una manera u otra.

La experiencia define un ámbito en el cual lo experimentable viene dado trascendentalmente, es el marco de lo que se puede conocer. Se puede conocer porque se configura por un espacio y tiempo que son puestos por el sujeto.

Todo lo que sea susceptible de conocimiento objetivo (y objetivo implica matemático)⁵¹, se encuentra posibilitado por las condiciones *a priori* de la experiencia (o experiencia posible). La experiencia posible no se limita a lo intuitivo euclidiano. La sensibilidad es la garantía kantiana de objetividad. Tras la Teoría de la relatividad lo sensible no se reduce sólo al campo de lo intuible euclídeo. No se puede decir ya que los objetos no euclídeos no sean fenoménicos.

Si decimos que el conocimiento de la matemática (o el conocimiento objetivo) es puramente analítico, estaremos todavía en el paradigma cartesiano. Pero tal

⁵¹ Cfr. *MANW.*, 7 (Ak., IV, 470), cit. en supra, 147 nota 151.

conocimiento no es analítico, es sintético *a priori*, sólo que lo sintético no sólo se da por la experiencia intuible, sino por la experiencia sensible en general, es decir, también por una sensibilidad no intuitiva en el sentido euclidiano sino analítico-esquemática. Dicho de otro modo, sólo los conceptos que sean espaciales y temporales (esquemas) y tengan al espacio y al tiempo ideales como condición de posibilidad, serán los que den lugar al conocimiento matemático. Después, si somos empiristas entenderemos que es la experiencia la que decide que estructura es la que sirve mejor a cada parte de la experiencia en general, o si somos convencionalistas elegiremos un marco conceptual u otro en función de nuestros intereses. Podremos considerar una u otra opción, pero sólo dentro del marco de la experiencia posible.⁵²

No hay concepto por un lado y experiencia por el otro, no hay sólo concepto y experimento. Hay una experiencia posible en general generada por el espacio y el tiempo como formas puras de la intuición. Hay diferentes estructuras de esa experiencia generadas por la estructura que demos *a priori* al espacio. Hay experimentos que deciden que estructura se adapta mejor a los fenómenos. Pero no hay mundo por un lado y concepto por el otro, el mundo no es algo dado, el mundo viene mediado por las formas de la sensibilidad y éstas las pone el sujeto.

Tanto el empirismo como el racionalismo son visiones parciales del conocimiento objetivo. Son la cara y la cruz de un ámbito general que no perciben: la experiencia posible, es decir, todas las condiciones subjetivo-objetivas que posibilitan el conocimiento humano. El empirismo hace depender el conocimiento de experimentos, el racionalismo lo hace depender de conceptos y nuestra interpretación de la filosofía trascendental lo hace depender de esquemas. El esquema es aquello que posibilita la existencia de los juicios sintéticos *a priori* incluso en la geometría no intuitiva. Estos juicios carecen de intuición, pero expresan las condiciones de la sensibilidad debido a que su concepto se encuentra esquematizado. El esquema es un patrón de construcción sintético no empírico, es decir, *a priori*. El juicio sintético *a priori* relaciona dos (o más) conceptos esquematizados o conceptos-esquema.

⁵² Sobre el convencionalismo *vid.*, Popper, K. R., *Los dos problemas fundamentales de la epistemología*. Traducción de M.^a Asunción Albisu Aparicio, Tecnos, Madrid, 1998, pp. 244-289.

Entendida la ontología crítica como investigación y no sólo como sistema doctrinal, es una *philosophia prima*. Hay que entenderla como ontología *a priori* de la naturaleza. Una investigación que da cuenta de sí y de las otras, que fundamenta toda ciencia sin apoyarse en ninguna.

Por otra parte, entiende Kant por experiencia el conocimiento empírico, el conocimiento por percepciones enlazadas. Sólo hay una experiencia, la visión científica de las cosas no es más que el avance de la visión ordinaria. La quiebra de esta estructura única ha llevado a distinguir entre el mundo científico y el del sentido común. Desde que no hay un modelo intuitivo en ciencia, porque no se da en un espacio euclidiano, la experiencia se ha escindido. Nuestra interpretación quiere salvar la filosofía de Kant, por eso propone entender el objeto de la física contemporánea como un objeto de segundo grado; un objeto construido por síntesis de indicios proporcionados a partir del material observacional, mientras que el objeto de la experiencia corriente se construye por la síntesis directa del material aportado por los sentidos. No obstante, sólo si creemos con Kant que la experiencia es una sola por su estructura formal, continua y homogénea, podemos compartir su convicción de que está organizada por principios invariables, y que no varía acorde con la historia.

Las geometrías no euclídeas no son construcciones vacías porque en último término se enlazan con una sensación. Estaríamos tentados a decir que la matemática es analítica, pero entonces quedaría en entredicho su apodicticidad. Por eso la matemática (también la geometría) depende del tiempo, que es una intuición pura y eso le da su carácter sintético *a priori*. La matemática es una estructura comprensible por el ser humano aplicable a la experiencia en virtud de la temporalidad. Por otro lado, la geometría euclídea es la que concuerda con la intuición empírica, debido a que de lo empírico podemos hacernos una imagen (intuición) pura, la cual es objeto de la geometría euclidiana. Esta circunstancia permite dos cosas:

1. Que podamos tener una geometría acorde con nuestra forma sensible de intuir.

2. Que podamos manejar matemáticamente otras estructuras geométricas de las cuales no tenemos imagen aunque sí percepción.

Los “espacios” no euclídeos son sólo configuraciones esquemáticas de aquel espacio que es condición subjetiva de la sensibilidad, bajo la cual tan sólo es posible para nosotros intuir objetos espaciales, la geometría de este espacio es la geometría euclidiana.⁵³ Si no tuviéramos noticia de la existencia de fenómenos que responden a una geometría diferente de la euclídea, mediante conexión causal o recíproca con el resto de la experiencia directamente intuible, tales espacios no intuibles no significarían nada. Gracias a la sensibilidad podemos tener indicios de esos objetos no intuibles que nos garantizan su existencia, es decir, que se dan fuera de nosotros, en el espacio. Por eso los objetos no euclídeos se pueden expresar en un juicio empírico, son experiencia, son conocimiento empírico.

Los objetos no euclidianos se generan por los esquemas trascendentales, los cuales se dan en la imaginación, se manejan matemáticamente mediante una geometría euclídea diferencial y se perciben indirectamente por la sensibilidad. La sensibilidad es, pues, la forma de la receptividad que es condición necesaria de todas las relaciones, en donde los objetos pueden ser intuitos como fuera de nosotros, y si se hace abstracción de esos objetos, tenemos una intuición pura que lleva el nombre de espacio de la intuición o espacio euclidiano.⁵⁴ La sensibilidad da realidad, es decir, validez objetiva, a todos los tipos de geometría. Los espacios no euclídeos son espacios fenoménicos, igual que el euclídeo, incluso doblemente fenoménicos ya que están sujetos a las mismas restricciones del espacio euclídeo y, además, son manejados y posibilitados por él en ese álgebra de la experiencia que es el conocimiento humano de lo no intuible directamente por los sentidos.

⁵³ Cfr. *KrV.*, A 26/B 42.

⁵⁴ Cfr. *Ibíd.*, A 27/B 43.

IX.5. El tiempo sucesivo.

El tiempo es una representación necesaria que está a la base de todas las representaciones.⁵⁵ El espacio es una modalidad del tiempo, la modalidad que expresa la simultaneidad. En él tan sólo es posible toda realidad de los fenómenos.

El tiempo es intuición interna en su modalidad sucesiva o diacrónica e intuición externa en su modalidad simultánea o sincrónica:

Porque el tiempo como intuición interna, [es decir, como sucesión], no da figura alguna, tratamos de suplir esa carencia por medio de las analogías y representarnos la sucesión del tiempo por una línea que va al infinito, en la cual lo múltiple constituye una serie, que es sólo de una dimensión; y de las propiedades de esa línea concluimos las propiedades todas del tiempo, con excepción de una sola, que es que las partes de aquella línea son a la vez, es decir, simultáneas y por tanto espaciales, mientras que las del tiempo van siempre una después de la otra. Por aquí se ve también que la representación del tiempo es ella misma intuición, ya que todas sus relaciones pueden expresarse espacialmente.⁵⁶

El tiempo es la condición formal *a priori* de todos los fenómenos en general. Los fenómenos con existencia objetiva tienen necesariamente que estar enlazados, al menos, mediante una sensación indirecta con el resto de la experiencia. La sensación requiere del espacio de la intuición, por tanto, en la medida en que las relaciones temporales sean susceptibles de enlace perceptivo, las configuraciones que se den mediante la intuición pura del tiempo expresan relaciones (configuraciones) objetivas del espacio. Por tanto, las geometrías que puedan conectarse con la experiencia en virtud de su conexión perceptiva indirecta, serán ciencias sintéticas *a priori* del espacio en general.

Se puede decir *a priori* que todos los fenómenos, en tanto que simultáneos están determinados en el espacio y según las relaciones del espacio *a priori*; se puede decir también, con toda generalidad, que tomados según el modo de la sucesión todos los fenómenos en general, es decir, todos los objetos de los sentidos son en el tiempo y están necesariamente en relaciones de tiempo.

Al tomar el espacio como modalidad del tiempo y todas las relaciones temporales objetivas como expresables espacialmente, eliminamos el peligro de idealismo de la concepción del tiempo como forma del sentido interno y del externo:

⁵⁵ Cfr. *Ibíd.*, A 31/B 46.

⁵⁶ *Ibíd.*, A 33/B 50. El paréntesis es nuestro.

[El tiempo] Sólo tiene validez objetiva con respecto a los fenómenos, porque tales son ya las cosas que admitimos como *objetos de los sentidos*; pero el tiempo no es objetivo si hacemos abstracción de la sensibilidad de nuestra intuición y, por tanto, del modo de representación que nos es peculiar y hablamos de *cosas en general*. El tiempo es, pues, solamente una condición subjetiva de nuestra (humana) intuición (la cual es siempre sensible, es decir, por cuanto somos afectados por objetos) y no es nada en sí, fuera del sujeto. Sin embargo, en consideración de todos los fenómenos y, por tanto, también de todas las cosas que se nos pueden presentar en la experiencia, es necesariamente objetivo. No podemos decir: todas las cosas están en el tiempo; porque en el concepto de las cosas en general se hace abstracción de todo modo de intuición de las mismas, siendo éste sin embargo la propia condición bajo la cual el tiempo pertenece a la representación de los objetos. Ahora bien, si se añade la condición al concepto y se dice: todas las cosas, como fenómenos (objetos de la intuición sensible) están en el tiempo, entonces el principio tiene exactitud objetiva y universalidad *a priori*.⁵⁷

Nuestras afirmaciones enseñan, pues, la realidad empírica del tiempo, es decir, su validez objetiva con respecto a todos los objetos que pueden ser dados a nuestros sentidos directa o indirectamente. Y como nuestra intuición es siempre sensible, no puede nunca sernos dado un objeto en la experiencia que no se encuentre bajo las condiciones del tiempo.⁵⁸

Realmente, nuestra modificación sólo afecta a la parte espacial, es decir, geométrica, de los objetos no euclídeos, éstos no se configuran mediante una intuición pura del espacio sino mediante un esquema puro. Se trata de un esquema porque está entre la sensibilidad y el entendimiento. El espacio estructurado es siempre intuición y no concepto (infinito potencial), pero cuando carecemos de imágenes espaciales y de intuiciones puras, son los esquemas, como determinaciones trascendentales del tiempo, los que nos proporcionan la regla de la estructura del espacio. El tiempo también es intuición, pero al carecer de imagen requiere ser conectado por una percepción que le dote de objetividad. Gracias a los esquemas queda salvaguardada la objetividad del tiempo respecto de los objetos fenoménicos, ya que no se hace abstracción de las condiciones subjetivas de la intuición sensible. En la estructura espacial queda aplazada la intuición sensible, ya que, al no poder representárnosla, debemos esperar a un indicio representable que nos proporcione la objetividad. Sin esta condición estaríamos hablando de *cosas en sí*, porque aunque insistiéramos en su carácter temporal y espacial no tendríamos confirmación empírica de nuestras consideraciones. La percepción empírica

⁵⁷ *Ibíd.*, A 35/ B 51-52.

⁵⁸ *Cfr. Ibíd.*, A 35/B 52.

proporciona la materia al fenómeno, sin ella no podemos hablar propiamente de fenómenos.

XI. 6. Espacio y tiempo en la Analítica trascendental.

La matemática requiere para ser ciencia, además del tiempo y su modalidad el espacio, contar con la unidad que a estas formas les confiere el entendimiento. En esta parte nos referiremos principalmente al espacio, que es el objeto de la geometría, y por ello nos interesa ahora de manera especial.

Kant nos dice que las fuentes subjetivas del conocimiento que hacen posible el entendimiento y la experiencia como producto suyo son tres: el *sentido*, la *imaginación* y la *apercepción*.⁵⁹ En 1781 Kant entendía que el entendimiento no es una facultad originaria e irreductible, sino que es producto de dos de ellas, de la *apercepción* y de la *imaginación*. En 1787 dice que el entendimiento es la espontaneidad de la mente (*Gemüt*), cuya autoconciencia es la *apercepción*. La *imaginación* es esa misma espontaneidad cuando enlaza lo múltiple dado efectivamente en la intuición. Es decir, el entendimiento y la *imaginación* serían funciones diferentes de la espontaneidad de la mente.

El entendimiento es, pues, la espontaneidad sintética considerada en abstracto como facultad de enlazar una multiplicidad dada; mientras que la *imaginación* es la espontaneidad sintética considerada en concreto, en tanto que opera una síntesis de la multiplicidad sensible espacial y temporal dada al ser humano.⁶⁰ Este cambio tiene que ver con una innovación: la justificación del uso objetivo de las categorías se lleva a cabo en dos etapas:

⁵⁹ Cfr. *Ibíd.*, A 115.

⁶⁰ Felipe Martínez Marzoa analiza el juicio determinante y su relación con el juicio reflexionante, para ello se centra en el concepto de reflexión tal como Kant lo expresa en la *Crítica de la razón pura* en sus dos niveles, el descriptivo y el formal, aunque sólo en la dirección que va de la sensación al concepto. Este proceso nos lleva a la idea de *unidad del objeto*, *posición de objetividad en general* o *concepto en general* y a la necesidad de diferenciar entre el procedimiento de su construcción y el acto de construirlo. La solución para tal diferenciación reside en el doble cometido de la cópula “es”, la cual *une* puesto que fija el modo en que las sensaciones se enlazan en la representación de un objeto, pero a la vez *separa* ya que tal fijación sólo tiene lugar en tanto que dicho modo de enlace se independiza como regla, como universal frente a lo concreto. Dicho de otro modo, la cópula “es” *une* un sujeto (intuición o concepto) a un predicado (concepto), pero también *separa* al hacer independiente ese predicado respecto de su posible unión con otro sujeto. Pues bien, la *separación* o *reflexión* que constituye al concepto es la misma que constituye al entendimiento como facultad. En este punto el

1. Se muestra su necesaria intervención en la síntesis de lo múltiple dado a una sensibilidad en general.
2. Pone de manifiesto su aplicabilidad a los objetos del conocimiento sensible humano.

En la primera etapa no toma en cuenta el carácter espacial y temporal de nuestra experiencia, sino únicamente su condición receptiva. Así subraya la independencia entre las categorías y el espacio y el tiempo. Esto le permite sostener que las categorías, aunque sólo pueden emplearse en el conocimiento de objetos espaciales y temporales, nos permiten pensar en otros objetos no sometidos a las condiciones peculiares de nuestra receptividad.

Preferimos la deducción de 1787 porque en ella es el entendimiento el que realiza la síntesis. Nosotros sostenemos que el entendimiento puede sintetizar la pluralidad de muchas maneras, pero sólo una es la intuitiva (euclídea). Las demás son álgebras del espacio, es decir, geometrías no euclídeas. El álgebra de la naturaleza permite manejar la naturaleza de manera no intuitiva, pero el “input” y el “output” han de ser comprensibles, es decir, de naturaleza intuitiva. Además la deducción trascendental de 1787 habla de una sensibilidad en general y de una sensibilidad humana. En ambas se requieren las categorías. Los espacios no euclidianos son espacios matemáticos. El espacio euclidiano es un espacio intuitivo y matemático.

Que la imaginación sea una facultad independiente del entendimiento, tal como expresa la deducción trascendental de 1781, sirve para la síntesis intuitiva pura, es decir, para explicar nuestro modo intuitivo de percepción. La segunda versión de la deducción trascendental sirve para nuestro modo de intuir en tanto que matemático (euclídeo), y para los modos o formas de enlace no intuitivas, o sea, no euclídeas (al menos en su primera etapa). Kant habla en la primera etapa de la

profesor Marzoa se pregunta respecto a qué se separa el entendimiento, la respuesta es que ese algo es “desconocido”, es la “desconocida raíz común” entre la sensibilidad y el entendimiento. Esta raíz común es esencialmente no tematizable, sólo aparece mediante la contraposición e inseparabilidad de ambos extremos del conocimiento. Ahora bien, es evidente que dichos extremos apuntan hacia aquello que sólo puede ser el conocimiento, es decir, a la *síntesis*, siendo la facultad de la síntesis la *imaginación* y su acto (previo a su separación como regla) el *esquema*. Cfr. Martínez Marzoa, F., *Desconocida raíz común. (Estudio sobre la teoría kantiana de lo bello)*. La balsa de la Medusa, 5, Visor, Madrid, 1987, pp. 15-34.

deducción de 1787 de una sensibilidad en general para poder pensar objetos no sometidos a las condiciones de nuestra receptividad (Dios, mundo, yo), pero nosotros lo aprovechamos para hablar de los tipos de enlace no intuitivos que el entendimiento puede llevar a cabo, si bien mediados por la geometría euclídea en su aspecto infinitesimal. Los tipos de enlace en los modos no intuitivos son los mismos que en el enlace intuitivo, es decir, las categorías, pero ahora para una sensibilidad en general (geometría suprema), o para unas sensibilidades diferentes a la intuitiva humana (geometría elíptica, geometría parabólica). Pero el enlace de las formas puras de la intuición (espacio y tiempo) en este caso no son actualizadas por las percepciones sensibles, sino que lo genera el propio entendimiento en virtud de las variaciones del quinto postulado de Euclides. Es decir, se requiere ya una teoría matemática en virtud de la cual se realice el enlace, estando esta teoría soportada por la matemática proveniente de la intuición humana. Lógicamente ninguna teoría matemática es anterior a otra (a no ser que incluya supuestos de una teoría anterior), pero en el caso del ser humano es necesario que se dé primero una geometría euclidiana, pues de lo contrario el resto de las geometrías o no podrían realizarse, ya que se manejan con la geometría euclídea en su modo infinitesimal, o no significan nada para el ser humano:

El yo pienso [unidad sintética original de la apercepción] tiene que poder acompañar a todas mis representaciones, pues si no, sería representado en mí algo que no podría ser pensado, lo cual significa tanto como decir que la representación sería, o bien imposible o al menos nada para mí.⁶¹

Si una teoría significa algo para el ser humano es que a su base se encuentra la intuición, esto es, una forma de enlace que procede trascendentalmente de su sensibilidad (de su intuición). La única explicación posible del conocimiento humano tiene que pasar por una filosofía trascendental, por una filosofía de corte kantiano. La tarea puede parecer compleja, pero en el fondo es muy simple, toda la ciencia trata de objetos que podemos conocer universalmente, y si los podemos conocer así es que alguna intuición no empírica de ellos podemos tener. La filosofía trascendental es necesaria porque se trata de una inmensa tautología. Una reflexión tautológica de la cual el conocimiento sale fundamentado.

⁶¹ *KrV.*, B 132.

El espacio como forma de la intuición no es aún conocimiento,⁶² requiere ser unificado:

El espacio, representado como *objeto* (tal como requiere efectivamente la geometría), contiene algo más que la mera forma de la intuición: es una *fusión*, dentro de una representación *intuitiva*, de la variedad dada según la forma de la sensibilidad. De modo que la *forma de la intuición* sólo suministra variedad a la representación, mientras que la *intuición formal* le proporciona la unidad. Con el fin de hacer notar que esta unidad precede a cualquier concepto, sólo la había atribuido, en la estética, a la sensibilidad, pero, de hecho, presupone una síntesis que, sin pertenecer a los sentidos, es la que hace posibles todos los conceptos de espacio y tiempo. En efecto, es a través de ella (dado que el entendimiento determina la sensibilidad) como se *dan* el espacio o el tiempo en cuanto intuiciones. Por eso pertenece la unidad de esa intuición *a priori* al espacio y al tiempo, no al concepto del entendimiento. (Cf. § 24).⁶³

El espacio, en cuanto forma de la intuición, es una multiplicidad infinita y continua, es un continuo puro que posibilita las diferentes estructuras. Si la estructura que recibe es la intuitiva, el espacio implica una intuición formal, la cual unifica, limita el continuo puro que se comporta, en este caso, como materia. Esta síntesis de la multiplicidad la realiza la imaginación, que como hemos visto, es considerada en la segunda edición como una función de la espontaneidad de la mente, pero no de la categoría. La síntesis de la diversidad realizada por la imaginación productiva recibe el nombre de síntesis figurada o figurativa (*synthesis speciosa*).

Hablaremos más adelante de esta síntesis, por el momento permítasenos decir a grandes rasgos en qué consiste, como ya hicimos, en la primera parte de esta tesis.⁶⁴ La intuición pura expresa las condiciones de enlace de las multiplicidades empíricas en una representación sensible. Estas condiciones vienen dadas por dos multiplicidades infinitas y continuas, que son el espacio y el tiempo. Al ejercerse el enlace o síntesis de lo múltiple sensible en virtud de estas formas puras de la sensibilidad se activa en la imaginación productiva una ley que ya tenía de antemano, porque estaba implícita en dichas formas puras de la sensibilidad (que son enteramente *a priori*). Ahora la imaginación productiva puede enlazar las multiplicidades infinitas y continuas que marcaban el enlace de la multiplicidad sensible en una representación pura y así lo hace. A este acto de la imaginación

⁶² Cfr. *Ibíd.*, B 137.

⁶³ Cfr. *Ibíd.*, B 161 n.

⁶⁴ Cfr. *supra*, 77.

productiva se le llama síntesis figurada. Esta representación o intuición pura es, pues, pasiva, dado que no ha podido tenerse hasta que la síntesis de la multiplicidad empírica ha activado la espontaneidad imaginativa (o ley que residía latente en la imaginación productiva) capaz de sintetizarlas en una representación formal o intuición pura. Por eso se “genera” la intuición pura, porque viene de las aprehensiones (intuiciones). Cuando el enlace no viene de la intuición misma, sino de aquello no intuitivo que se le enlaza, la estructura del espacio tampoco será intuitiva.

Si la síntesis figurada se activa al ejercerse la síntesis sensible ¿Cómo puede activarse una síntesis figurativa diferente a la de la sensibilidad, es decir, una síntesis que no venga de la intuición pura del espacio? Por la intuición pura del tiempo. La experiencia toda comparte una forma pura que es sintetizada en virtud de su actualización empírica, es decir, el tiempo. Por eso la síntesis figurativa temporal (síntesis transfigurada) no da una única estructura intuitiva espacial, sino múltiples estructuras esquemáticas que se hacen indirectamente intuibles.

Paralelamente, los conceptos empíricos actualizan la facultad del entendimiento,⁶⁵ siendo esta la condición de la que dependen.

Tanto la representación del espacio y del tiempo como la facultad intelectual son autoconciencia de posibilidades. La autoconciencia de la posibilidad de percibir es la estructuración (intuitiva o no) del espacio y el tiempo como formas puras de la sensibilidad (intuiciones puras e intuiciones intrateóricas). La apercepción intelectual es la autoconciencia de la posibilidad de pensar. La posibilidad autoconsciente de percibir supone la posibilidad autoconsciente de pensar. Ambas posibilidades autoconscientes se requieren y se combinan en una tercera posibilidad autoconsciente, la facultad de la imaginación.

El que se den intuiciones intrateóricas o esquemas espaciales son determinaciones trascendentales del tiempo que dotan de una determinada estructura

⁶⁵ El concepto crítico de *facultad* no piensa ni el atributo de una sustancia ni la posibilidad de qué hecho la manifieste, sino la unidad de la posibilidad autoconsciente, posibilidad que, implícita en cada una de sus actualizaciones, se exhibe, sin embargo como más que su mera suma, duplicado ideal de todas ellas, pues es el principio a que estas remiten como condición de su ser. Se trata, por tanto de una suerte de anamórfosis ideal o una especie de metábasis. Sobre los sentidos de la palabra “facultad” *vid.*, Deleuze,

al espacio como modalidad suya. Estos esquemas abren la posibilidad de que podamos conocer las propiedades de los objetos sometidos a geometrías diferentes al modelo clásico de la geometría euclidiana. La intuición que media entre un objeto no euclidiano y su conexión con la experiencia nos da una apariencia mediata de dicho objeto, es decir, un modelo euclidiano. Mediante el concepto pensamos el objeto mediato de que la intuición es indicio. Las apariencias mediatas de objetos no euclídeos tienen que concordar con las condiciones de los esquemas espaciales, porque sólo en virtud de ellos pueden llegar a ser fenómenos.

Mediante las limitaciones que los esquemas espaciales imponen al espacio estructurándolo, podemos conocer *a priori* algo sobre los objetos no euclídeos. El esquema espacial permite conocer algo sobre todos los objetos posibles de la experiencia, ya que enlaza las formas de la sensibilidad temporal con los conceptos *a priori* que podemos formarnos de ellos. Los objetos *a priori* son, como dice Kant, condiciones *a priori* de la posibilidad de la experiencia. O dicho de otro modo, en la base de todo conocimiento de experiencia se encontrarán, como sus condiciones *a priori*, conceptos de objetos en general.

El objeto no euclídeo es un objeto empírico indirecto, siendo los conceptos *a priori* los que hacen posible no su existencia, pero sí su objetividad; que las categorías puedan aplicarse a esos objetos demuestra que son objetos de la experiencia posible.

La síntesis figurada nos proporciona el espacio y el tiempo como intuiciones puras, la imaginación productiva pertenece a la espontaneidad, pero dado que toda intuición es sensible, la imaginación productiva también forma parte de la sensibilidad al determinarla *a priori*. La intuición queda así establecida, pero para que se dé conocimiento, incluido el matemático, necesitamos saber cómo se vinculan estas intuiciones a los conceptos puros del entendimiento. Por eso trataremos ahora de este tema, para retomar más adelante la cuestión de la síntesis figurada.

IX.7. Conceptos fundamentales de la deducción trascendental de 1781.

Aunque nos centremos en la deducción trascendental de la segunda edición de la *Crítica* es necesario analizar algunos tópicos de la primera edición. En la deducción trascendental de 1781 se dice que un concepto *a priori*, que no se refiera a la experiencia posible, es tan sólo la forma lógica de un concepto y mediante ella nada se piensa. Los conceptos *a priori* son las condiciones *a priori* de la experiencia posible, tal carácter funda su realidad objetiva. Por ello Kant va a investigar cuáles sean las condiciones *a priori* de las que depende la posibilidad de la experiencia.

La experiencia es el conocimiento por enlace de percepciones, y en la necesidad de tales percepciones arraiga la restricción crítica del empleo objetivo de los conceptos *a priori*. Si una percepción remite a un fenómeno que no puede captarse directamente por los sentidos ¿diríamos que ese fenómeno no es objetivo o que no existe? Evidentemente no decimos tal cosa. Mediante las categorías puedo concebir objetos imposibles o que ninguna experiencia me pueda presentar, omitiendo el enlace con la experiencia posible o ampliando la categoría más allá de lo que una experiencia de objetos posibles puede abarcar. Sin embargo, los conceptos de los objetos no euclidianos se encuentran enlazados, si bien indirectamente, con las condiciones de posibilidad de la experiencia; de lo contrario nada pensaríamos con ellos.⁶⁶

En la doctrina de la triple síntesis Kant analiza cómo la necesidad del enlace de las representaciones se funda en la condición temporal de la conciencia, la misma que permite pensar los esquemas temporales como sustitutivos de la intuición pura en una experiencia transfigurada, la cual llega a ser figurada mediante su conexión causal con los objetos perceptibles. El enlace del material percibido no puede proceder de la mera recepción pasiva de los datos sensoriales. La síntesis consta de tres fases o aspectos:

1. De la prehensión de las representaciones en la intuición.
2. De la reproducción de las representaciones en la imaginación.
3. Del reconocimiento en el concepto.

⁶⁶ Cfr. *KrV.*, A 96.

Tienen que ver con las tres fuentes subjetivas (u originarias) del conocimiento: sentido, imaginación y apercepción.⁶⁷ Pero no se corresponden con las fases de la síntesis, por ejemplo: al sentido no le corresponde ninguna síntesis, pues la síntesis es cosa de la espontaneidad. La “síntesis de la aprehensión” no es obra de la sensibilidad, sino que se da en ella, con sus datos; es la imaginación la que efectúa esta síntesis sobre las percepciones del sentido. Tampoco la apercepción es la responsable de la síntesis del reconocimiento, aunque es cierto que nos pone en la pista de esa tercera fuente. La apercepción nos da la unidad de la síntesis, pero la síntesis la efectúa la imaginación. La receptividad sensible (el sentido) tiene una *sinopsis* o visión conjunta de su contenido, pero a tal *sinopsis* tiene que corresponderle una síntesis. El sentido lleva a cabo una *sinopsis* de lo múltiple, pero no una síntesis.

- Sentido → Sinopsis de lo múltiple de las representaciones.
- Imaginación → Síntesis de lo múltiple de las representaciones.
- Apercepción → unidad de la síntesis de lo múltiple de las representaciones.

La conciencia del tiempo no es conciencia empírica de un hecho, sino autoconciencia *a priori* de una posibilidad. Los caracteres del tiempo no se infieren de una definición previa, sino que se conocen por autorreflexión.⁶⁸ Kant *deduce* los conceptos *a priori* mostrando que intervienen en la constitución del conocimiento empírico. Se trata de mostrar cómo aun la más elemental conciencia empírica, cuya posibilidad está fuera de toda duda, supone la validez de tales conceptos. De partir Kant de la conciencia empírica, la justificación hubiera quedado restringida a esa conciencia particular y hubiera sido también empírica. Por eso apela a una conciencia no empírica que toda conciencia empírica supone, la conciencia del tiempo. La conciencia autoconsciente del tiempo implica actos que tienen que estar regulados por conceptos *a priori*. Por consiguiente, Kant parte de que todas nuestras representaciones están sujetas a la forma del tiempo.

⁶⁷ Cfr. *supra*, 251 nota 59.

⁶⁸ Autorreflexión: Reflexión por la cual tomo conciencia de la naturaleza de mis posibilidades, no de mis estados efectivos.

Kant funda la universalidad del tiempo en la condición de ser forma del sentido interno. Sin embargo, en nuestra investigación preferimos entender que la premisa en la que descansa la doctrina de la triple síntesis en particular, y de toda deducción trascendental en general, es la universalidad del tiempo como forma de la sensibilidad y, por tanto, de toda experiencia empírica.⁶⁹

Toda intuición directa o indirecta tiene que ser de algo múltiple. Lo simple no es objeto de experiencia. La intuición de lo múltiple no es posible como acto instantáneo, sino como proceso. En toda intuición del espacio transcurre un tiempo. La intuición de lo simultáneo sólo queda acreditada si la propia intuición del espacio, como conciencia de la posibilidad de percibir una multiplicidad coexistente, es a la par conciencia de la imposibilidad de percibir excepto en el curso de un proceso. La intuición del espacio envuelve dicha conciencia:

No puedo representarme una línea, por pequeña que sea, sin trazarla con el pensamiento, es decir, sin producir todas sus partes poco a poco (*nach und nach*) desde un punto, y así dibujar esa intuición.⁷⁰

En este sentido, la doctrina de la triple síntesis muestra que la conciencia autoconsciente del tiempo implica actos que tienen que estar regulados por conceptos *a priori*. Comienza, pues, recordando la superioridad del tiempo y por eso la universalidad del tiempo como forma de la sensibilidad y, por tanto, de toda conciencia empírica. La conciencia empírica entiende que toda intuición lo es de algo múltiple. Lo simple no se percibe. Eso no podría suceder si la conciencia que intuye no distinguiera el tiempo en la sucesión de las impresiones sensibles. La intuición de lo múltiple no es, pues, posible como acto instantáneo sino como proceso.

Kant no quiere decir que una representación intuitiva (múltiple) no pueda descomponerse en partes más simples y poder seguir percibiéndola. Lo que quiere decir es que toda intuición empírica contiene una multiplicidad y consiste en el proceso de captarla. Kant expresa esa idea de una manera tal que esa afirmación no descansa en observaciones empíricas. La imposibilidad de que una intuición compleja sea, no obstante, instantánea, sólo puede establecerse con la certeza requerida si se manifiesta con la evidencia propia de la intuición pura.

⁶⁹ *Vid.*, supra, 78-79 y notas 147 y 148, v. t. pte. IX.3.1.

⁷⁰ *Ibíd.*, A 162-163/B 203; v. t. B 154.

En la conciencia *a priori* de las propias posibilidades e imposibilidades, y no en lo empírico, puede justificarse que toda intuición de lo múltiple supone una conciencia de la sucesión. Toda intuición pura es conciencia de una multiplicidad infinitamente divisible. De ahí que ninguna intuición empírica pueda ser la conciencia de algo simple. Pero la multiplicidad infinita dada en la intuición requiere una síntesis; entendiendo por síntesis la acción de añadir unas a otras diversas representaciones y comprender su multiplicidad en un solo conocimiento. De esta manera la síntesis pura se da cuando lo múltiple no es dado empíricamente, sino *a priori* (como lo múltiple en el espacio y en el tiempo).

La *síntesis de la aprehensión* se ejerce directamente sobre lo múltiple de la intuición. Sin ella no podríamos tener *a priori* las representaciones del espacio y el tiempo, ya que espacio y tiempo se generan por la síntesis de lo múltiple que la sensibilidad ofrece en su receptividad originaria. La espontaneidad mental participa, pues, en la génesis de la intuición pura del espacio y el tiempo.

Para entender la *síntesis de la reproducción* recordemos que lo múltiple de la síntesis anterior sólo puede darse sucesivamente. Sin una operación activa que lo retenga iría cayendo sucesivamente en el olvido. La síntesis de la reproducción es la operación que retiene lo dado ya pasado, combinándolo con lo presente.

Como vemos, ambas síntesis están indisolublemente ligadas. Son sólo dos aspectos de una actividad sintética unitaria, ejercida por la espontaneidad de la mente sobre lo múltiple dado *a priori* en la receptividad originaria, que debe ser unificada en una síntesis aprehensivo-reproductiva o *síntesis del reconocimiento*. Esa síntesis sólo es posible mediante el empleo de conceptos que le confieran unidad. La conciencia que unifica en una representación lo múltiple, intuido sucesivamente y luego reproducido, es lo que llamamos concepto.

Esta argumentación establece la participación necesaria de conceptos *a priori* en el surgimiento de la intuición pura y en la constitución de toda ciencia empírica. Se concluye, pues, que toda síntesis empírica, constitutiva de percepciones, está sujeta a las categorías, y puesto que la experiencia es conocimiento mediante percepciones enlazadas, las categorías son condiciones de la posibilidad de la experiencia y valen, entonces, *a priori* también para todos los objetos de la experiencia.

Precisamente es en este contexto donde aparece la nueva noción de objeto.⁷¹ La síntesis requiere la autoconciencia. Si no sé si soy yo el mismo que escucha una nota musical tras otra y las recuerda, malamente puedo identificarlas. Para poder pensar o conocer la multiplicidad sensible, ha de poder ser combinada en una conciencia, de esta manera podremos representarnos la unidad sintética de lo diverso. Kant llama a eso *apercepción*, es decir, conciencia de la conciencia perceptiva.⁷²

En efecto, si se prescinde de la combinación, nada puede ser pensado o conocido a través de las representaciones dadas, ya que no conllevarían entonces el acto común de *apercepción* “Yo pienso” ni se unificarían, por ello mismo, en una autoconciencia.⁷³

Kant hará ver que la *apercepción* sólo puede acompañar a todas mis representaciones si éstas satisfacen ciertas condiciones. Estas condiciones son requeridas para que las representaciones puedan combinarse en una sola conciencia autoconsciente, e interpretará las categorías como la representación general de esas condiciones. El reconocimiento en el concepto es la conciencia de la identidad de la regla que preside la aprehensión y reproducción de lo múltiple representado.

Toda síntesis supone la conciencia de sí. El término *apercepción* hace referencia a la autoconciencia o conciencia de la mismidad que se da en toda síntesis. Esta autoconciencia es condición de posibilidad de la síntesis que funda toda intuición pura o todo esquema espacial y de sus referentes empíricos.⁷⁴ Las categorías o conceptos puros son la representación general de las condiciones requeridas para que mis representaciones puedan combinarse en una sola conciencia autoconsciente. Son los conceptos que expresan las reglas universales de la síntesis.

Los esquemas espaciales empíricos enlazados a una intuición empírica actualizan los esquemas espaciales universales cuyos conceptos son las categorías. Un fenómeno no intuitivo es un fenómeno esquemático, para que se dé tiene que estar en relación con la intuición empírica de otro fenómeno susceptible de tenerla,

⁷¹ Cfr. *Ibíd.*, A 103-110.

⁷² Cfr. *Ibíd.*, B 131.

⁷³ Cfr. *Ibíd.*, B 137.

⁷⁴ Cuando la *apercepción* hace referencia solamente a la síntesis pura se llama *apercepción trascendental*.

de lo contrario sólo tendríamos esquemas espaciales empíricos, es decir, nada, o al menos, nada para mí.

Pongamos un ejemplo de la síntesis empírica. Reconocer que un gato es un gato y un automóvil un automóvil, es tomar conciencia de que las impresiones que refiero a cada uno de ellos se suceden y combinan conforme a cierto patrón o esquema. Los conceptos de gato y de coche son representaciones de la regla o ley propia de cada uno de éstos esquemas, la cual preside y organiza la percepción de cada gato, de cada coche...

Los conceptos empíricos se forman por la asociación habitual de las representaciones en combinaciones que se repiten. Ahora bien, esta asociación supone que las representaciones sean por lo menos asociables, lo cual demanda, por cierto, que ellas satisfagan las condiciones más generales para que se las pueda combinar en una autoconciencia. Las categorías son conceptos de esas condiciones generales y por eso decimos que tales conceptos corresponden a las reglas universales de la síntesis. Cada esquema de síntesis empírica es una particularización condicionada por los datos de uno de estos esquemas universales. Se ve así que las leyes o reglas de estos esquemas organizan todo el contenido de la conciencia empírica, y que las categorías, que representan dichas leyes, son aplicables a todos los objetos de la experiencia.

Hemos visto que el conocimiento requiere una conciencia unitaria. Kant pasa ahora a explicar el significado de la expresión *objeto de las representaciones*, va desde el tercer párrafo de la división tercera hasta el final de la citada división (A 104-110). La deducción trascendental está destinada a establecer la validez objetiva de los conceptos *a priori*, o sea, su aplicabilidad al objeto del conocimiento. Esta cuestión fue planteada por Kant como un caso particular del problema más general de la referencia de la representación a su objeto y es la idea fundamental del giro copernicano. Destruye la concepción dogmática según la cual el objeto propio del conocimiento humano es un ente subsistente con independencia del proceso en que se manifiesta, en decir, una *cosa en sí*. Kant usa la palabra mente y parece que habla de idealismo berkeleyano. Pero Kant entiende por mente (*Gemüt*) sólo la unidad del proceso de manifestación de los fenómenos, no un ente que subsiste

independientemente de ellos y les ofrece una base para su existencia. La mente, en sentido kantiano, es la facultad (*animus*) que combina las representaciones y opera la unidad de la apercepción empírica, no es, pues, un ente que subsiste (substancia) independiente de los fenómenos. La subjetividad de las representaciones (su pertenencia a la mente) conlleva su objetividad, su referencia al objeto. La unidad característica del objeto se devela como el supuesto y correlato necesario de la unidad constitutiva de la mente. Como diría Brentano, el objeto tiene carácter intencional. Se dice que conocemos algo cuando tenemos una representación referida conscientemente a un objeto, es decir, a algo diferente del conocimiento mismo:

Advertimos, empero que nuestra idea (*gedanke*) de la referencia de todo conocimiento a su objeto conlleva siempre en sí cierta necesidad, ya que el primer elemento es considerado como algo que se opone al segundo. Observamos, además, que nuestros conocimientos no se producen al azar o arbitrariamente, sino que se hallan determinados de una cierta forma, ya que, al tener esos conocimientos que referirse a un objeto, han de concordar necesariamente entre sí con respecto a este último, es decir, han de poseer la unidad que constituye el concepto de un objeto.⁷⁵

Por tanto, independientemente de la geometría que adoptemos, las determinaciones de un objeto en general son las condiciones de asociabilidad de las representaciones para que puedan combinarse en la conciencia; por eso las asociaciones de los conceptos (esquemáticos) de los objetos particulares las cumplen siempre. La necesaria referencia de los fenómenos posibles a la unidad de la apercepción, al subordinarlos a todos a ciertas reglas de síntesis universales y *a priori*, asegura la virtual combinabilidad de esos fenómenos en una sola experiencia o sistema unitario del conocimiento empírico.

Sostener la idealidad de las cosas materiales no significa negar su realidad o subordinarla a la de una sustancia inmaterial, sino más bien radicar esa realidad en el tejido de sus relaciones. La deducción trascendental ahonda en la determinación de la naturaleza y el fundamento de ese tejido de relaciones. La pura forma del espacio y el tiempo no basta para sustentarlo (como podía parecer en la *Dissertatio*). Antes bien, para constituirse como tal para la intuición pura, presupone la actividad coordinadora y combinadora que Kant describe como una triple síntesis. Esta actividad sólo puede ejercerse si envuelve la conciencia de su propia identidad.

⁷⁵ *Ibíd.*, A 104-105.

Esta autoconciencia de la actividad sintética sólo llega a establecerse si refleja una unidad necesaria del objeto a que la operación de síntesis refiere lo múltiple sintetizado. Queda así establecida la primacía del operar mismo, del proceso de síntesis que genera el tejido de relaciones que da su consistencia a la realidad de las cosas. La identidad de ese proceso es la que se autodescubre en lo que llamamos mente, siendo su legalidad lo que se exterioriza y, por decirlo así, se decanta en la unidad necesaria de lo que llamamos objeto.⁷⁶

El conocimiento es aquella representación referida conscientemente a un objeto. El objeto es algo diverso del conocimiento mismo, una X. Despejar X es determinar el objeto mediante el contenido del conocimiento. Referimos al objeto ciertas representaciones, pero referírselas implica distinguirlas de él, reduciendo el objeto mismo, como tal, a la indeterminación de la X.

⁷⁶ Como dice Juan Miguel Palacios, la *Analítica trascendental* puede concebirse como una teoría del objeto. Cfr. Palacios, J. M., *Op. cit.*, 112.

X. A priori y trascendentalidad: sentido de las categorías según la Deducción trascendental de 1787.

X.1. Entendimiento y síntesis trascendental. X.2. Sentido de la síntesis categorial. X.3. Pensar y conocer. X.4. Esquematismo y síntesis figurada.

En la segunda edición de la *Crítica de la razón pura* encontramos que la síntesis figurada hace referencia, por un lado, a la síntesis de la intuición sensible que es *a priori*, y por otro lado, a la síntesis trascendental de la imaginación, la cual es la misma síntesis cuando se refiere a la unidad originariamente sintética de la apercepción.⁷⁷

La síntesis intelectual es aquella síntesis que con respecto a lo múltiple de una intuición en general es pensada en la categoría. Así esta síntesis representa la condición formal del proceso del conocimiento. La síntesis trascendental de la imaginación nos da las condiciones de uso empírico de las categorías y la síntesis figurada, como síntesis de lo múltiple de la imaginación, nos remite a la sensibilidad. Las categorías son los conceptos o reglas de la síntesis trascendental de la imaginación en su aspecto formal.

La unidad analítica de la apercepción toma su unidad de la síntesis (unidad sintética). Ésta permite representarnos la conciencia de la identidad. El “yo” no es nada sin sus representaciones, las cuales se enlazan en virtud de la síntesis de lo múltiple puro del espacio y el tiempo.

El conocimiento humano consiste en tomar conciencia de mis representaciones. Estas representaciones llegan a darse gracias a una actividad que sintetiza la pluralidad sensible. La pluralidad se sintetiza conforme a unas normas que hacen que pueda tener conciencia de las representaciones obtenidas en la síntesis de lo múltiple. Estas leyes, que son las categorías, introducen las condiciones generales de la sensibilidad para que pueda tener conciencia de aquello que se ajusta a ellas. Ahora bien, la unidad de las categorías es puramente lógica (síntesis intelectual), por lo que se necesita la colaboración de las condiciones sensibles. Estas condiciones sensibles vienen dadas por la síntesis figurada (que cuando se refiere a la unidad originariamente sintética de la apercepción se denomina síntesis trascendental de la imaginación), la cual media entre las meras condiciones sensibles y la pura síntesis intelectual.

⁷⁷ Cfr. *KrV.*, B 151.

Las intuiciones están sometidas al principio de la unidad sintética de la conciencia. Ésta es universalmente válida porque constituye la condición necesaria para unificar una multiplicidad intuitiva en el concepto de un objeto.

X.1. Entendimiento y síntesis trascendental.

La fundamentación subjetiva abarca desde el § 15 al § 21. En ella se presenta a las categorías como un conocimiento *a priori* de objetos en una intuición en general. Ya en el § 15 Kant nos dice que lo percibido puede venir de la intuición sensible, pero el enlace de lo múltiple no puede venir de los sentidos, ni estar comprendido en la forma de la intuición sensible, porque es espontáneo.

En 1781 Kant limitó el conocimiento al campo antropológico, sin embargo, en la deducción de 1787 se propone hablar de todo conocimiento sensible en general. El entendimiento es ahora el responsable de toda síntesis. Antes era obra de la imaginación. Sin embargo ahora la imaginación es la espontaneidad de la mente (que considerada en toda su generalidad se denomina entendimiento) cuando ejerce su función sintética sobre lo múltiple propio del conocimiento sensible humano. Puesto que las representaciones de lo simple y lo compuesto son *a priori* y en la naturaleza no se encuentra nada simple, tiene que darse una operación enlazadora primigenia. El dato bruto de los sentidos, no enlazado por el entendimiento, es una ficción filosófica. Toda representación se deja descomponer y supone por tanto la síntesis. Todo enlace implica espontaneidad y el enlace está implícito en toda representación sensible, ya que no puede haber representación de lo simple debido a que se percibe en el tiempo. Toda representación empírica es descomponible, y por tanto se funda en una síntesis anterior (síntesis originaria).

Otra tarea que se propone Kant en este párrafo es esclarecer el contenido implícito en el concepto de *enlace*. Éste envuelve además del concepto de lo múltiple y de su síntesis, el concepto de la *unidad* de ese múltiple. La categoría presupone el enlace. Se trata no de la categoría de la unidad que es una unidad cuantitativa, sino de una unidad cualitativa, la unidad trascendental de los medievales; es la unidad del concepto que se da en cada conocimiento de un objeto.

El § 16 comienza diciendo que el “yo pienso” tiene que poder acompañar a cada representación de que uno sea consciente, la cual por eso puede llamarse mía.⁷⁸

Atiéndase a la siguiente proposición, que tiene gran importancia: Todas las representaciones poseen una referencia necesaria a una conciencia empírica *posible*, pues si no la poseyeran y fuera totalmente imposible tomar conciencia de ellas, esto equivaldría a decir que no existían en absoluto. Toda conciencia empírica empero posee una referencia necesaria a una conciencia trascendental (que precede a toda experiencia particular), a saber, a la conciencia de mí mismo, como apercepción originaria. Es pues absolutamente necesario que en mi conocimiento toda conciencia pertenezca a una conciencia única (de mí mismo). He aquí pues una unidad sintética de lo múltiple (de las conciencias), que es conocida *a priori*, y proporciona así un fundamento a las proposiciones sintéticas *a priori* concernientes al pensar puro, al igual que espacio y tiempo se lo procuran a las proposiciones que conciernen a la forma de la sola intuición. La proposición sintética según la cual toda *conciencia empírica* diversa tiene que estar enlazada en una autoconciencia unitaria es el principio sintético absolutamente primero de nuestro pensar en general. Pero no hay que perder de vista que la simple representación *Yo* es, en relación con todas las otras (cuya unidad colectiva hace posible), la conciencia trascendental. Esta representación podrá ser clara (conciencia empírica) u oscura; ello no nos importa aquí, como tampoco nos importa su efectividad; pero la posibilidad de la forma lógica de todo conocimiento descansa necesariamente en la referencia a esta apercepción considerada como facultad.⁷⁹

El “yo pienso” contiene las reglas de síntesis de las representaciones. Esta conciencia de las condiciones a que tienen que ajustarse las representaciones para que el “yo pienso” pueda acompañarlas es la fuente del conocimiento *a priori* de los objetos de la experiencia, es decir, de la metafísica fundamentada por Kant. Son mis representaciones porque pertenecen a una autoconciencia universal. La apercepción pura u originaria es la autoconciencia universal posible, implícita en cada autoconciencia particular actual. En la unidad de la conciencia de sí pueden fundarse, pues, conocimientos *a priori*, por eso Kant la llama “unidad trascendental de la autoconciencia”.

Esta unidad trascendental de la conciencia de sí es la *unidad cualitativa* que se encuentra en la raíz de todo enlace. Ahora bien, la identidad de la conciencia acompañante sólo puede establecerse si enlazo las representaciones entre ellas y tomo conciencia de la síntesis de las mismas. La conciencia de sí sólo puede establecerse como conciencia de la identidad del acto de operar la síntesis de una multiplicidad diversa. Yo sólo puedo saber de mí enfrentado a un objeto, que no es sino la unidad introducida por mi propio acto en la multiplicidad sensorial. Ésta es

⁷⁸ Cfr. *Ibíd.*, B 132.

⁷⁹ *Ibíd.*, A 117 n.

una característica propia de un entendimiento finito. Un entendimiento intuitivo, divino, no estaría sujeto a la condición de sólo poder constituirse en la aprehensión de una diversidad que se le contrapone.

En cada representación efectiva está envuelta la posibilidad de la conciencia (las leyes del enlace) que hace posible la experiencia entera. La conciencia de sí envuelve la conciencia de las condiciones o normas según las cuales las representaciones se pueden combinar acompañadas por ella. Tal conciencia es la fuente *a priori* de los objetos de la experiencia, es decir, de la ontología *a priori* de la naturaleza.

El § 17 lleva por título *El principio de la unidad sintética de la apercepción es el principio supremo de todo uso del entendimiento*. El principio supremo de la posibilidad de toda intuición, en relación con la sensibilidad, era que su contenido múltiple se sujetaba a las condiciones formales del espacio y el tiempo. El principio supremo de la posibilidad de toda intuición en relación con el entendimiento es que todo lo múltiple de la intuición se sujeta a las condiciones de la unidad sintética originaria de la apercepción. El primer principio rige las representaciones intuitivas en cuanto nos son dadas, el segundo las rige en cuanto tienen que poder ser enlazadas en una conciencia.⁸⁰

Todos los objetos han de ajustarse a las condiciones de unidad de la apercepción (que están en las categorías), de modo que éstas son *a priori* aplicables a tales objetos. La actividad sintética que logra agrupar la multiplicidad dada en una sola conciencia autoconsciente constituye el objeto (del conocimiento empírico) que la intuición parece luego descubrir.

En este punto Kant coincide con la tradición filosófica, en la cual el entendimiento es la facultad del conocimiento. Pero a diferencia de ella, no concibe la sensibilidad como una facultad cognoscitiva inferior, sino que entiende que no es una facultad cognoscitiva por sí misma. La sensibilidad sólo puede ser una facultad cognoscitiva en relación con el entendimiento y viceversa.⁸¹

⁸⁰ Cfr. *Ibíd.*, B 136-137.

⁸¹ Cfr. *supra*, 251 nota 60.

A partir del § 18 empieza lo que realmente difiere de la primera edición de la *Crítica*. Se pretende aclarar lo que en 1781 quedó confuso, a saber, que la argumentación desarrollada acerca de los principios de la posibilidad de la experiencia funda efectivamente la validez objetiva de las categorías. Hasta ahora se ha mostrado que la unificación de la multiplicidad sensible en una conciencia autoconsciente supone la posibilidad de sintetizarla según ciertas reglas. Pero falta la evidencia de la conexión entre esas reglas y las categorías. Para ello Kant usará una nueva definición de juicio anunciada en los *Principios metafísicos de la ciencia natural*.⁸²

En este párrafo se explica el concepto de “unidad objetiva de la autoconciencia”, utilizado en el § 19 para la nueva definición de juicio. En los *Prolegómenos* Kant distingue entre *juicios de percepción* y *juicios de experiencia*. Recurre a tal distinción para hacer comprensible la necesaria intervención de las categorías en la construcción de la experiencia sin tener que pasar por los difíciles argumentos de la deducción. Entendía en el § 18 de los *Prolegómenos* que un juicio empírico o de percepción consiste solamente en el enlace lógico de las percepciones en la mente. Mientras que un juicio de experiencia es un juicio empírico más la referencia al objeto, pretendiendo que el enlace valga objetivamente.

De todas formas, hay que tener cuidado pues esta explicación es puramente pedagógica. En rigor no puede haber juicios (de percepción) en los que no intervengan ya las categorías. Además eso se opone a la premisa inicial de la deducción, el sujeto se habría constituido antes de la síntesis. Lo que carece de necesidad carece de verdad. Por eso la expresión *juicios de percepción* es desautoriza en su nueva definición de juicio. Y es que podemos encontrar hasta tres maneras de entenderlo:

1. Ciertamente se da una unidad subjetiva, pero esta no es un juicio, sino lo que le precede.
2. La unidad objetiva de la conciencia es un límite al que tiende el conocimiento. En ese sentido el enlace subjetivo precede al objetivo.

⁸² Cfr. *MANW.*, 12 (Ak., IV, 475 n.).

3. La *Crítica* dice que la unidad objetiva es *a priori* y funda la unidad empírica.

La objetividad del juicio no viene porque exprese un conocimiento inmediato del objeto, sino de la validez universal del enlace en él establecido. El fundamento de tal validez universal consiste en que los enlaces que subordinan la multiplicidad sensible a las condiciones de la unidad de la apercepción, valen necesariamente en todo momento para toda conciencia autoconsciente. La validez universal para mí y para todos es propiamente el sentido del enlace, pues se trata de integrar el material enlazado en la unidad de una posible conciencia única, de asegurar su compatibilidad con los demás contenidos de esa conciencia. El objeto del conocimiento empírico no es otra cosa, en la concepción crítica, que el correlato de esa unidad, y se lo constituye como tal en el acto de unificar en ella las representaciones sensoriales.

La unidad subjetiva presupone la unidad objetiva de otras, ya que no de las mismas. La síntesis *a priori* no sólo es la condición de toda síntesis *a posteriori*, sino también ya de esa simple yuxtaposición de las representaciones que preceden a su enlace. La unidad objetiva de la conciencia es la meta a la que tiende el progreso de la experiencia sin alcanzarla jamás, pero que rige todo el proceso.

En el § 19 encontramos la nueva definición de juicio. Los lógicos definieron el juicio como la representación de una relación entre dos conceptos. Esta definición tiene el defecto de aplicarse sólo a los juicios categóricos, pero no a los juicios hipotéticos y disyuntivos, que establecen una relación no entre conceptos, sino entre otros juicios. Otro defecto es que no determina en qué consiste la relación aludida. Para Kant, sin embargo, el juicio será un enlace de representaciones; el modo de reducir las representaciones dadas a la unidad objetiva de la apercepción. Con la diferenciación entre la conciencia objetiva y la subjetiva, Kant salva el peligro del idealismo subjetivo:

Pero la diferencia entre la verdad y sueño no consiste en la naturaleza de las representaciones referidas a objetos, pues ellas son las mismas en ambos; sino que consiste en la conexión de las representaciones según las reglas que determinan

la concatenación de las representaciones en el concepto de un objeto, y en la medida en que puedan o no puedan coexistir en una experiencia.⁸³

En Kant lo objetivo coincide con lo supraindividual, pero no sólo porque la mayoría tenga la objetividad (*äussere Kriterien*) lo cual acontece *a posteriori*, sino porque fundamenta la supraindividualidad de lo subjetivo sin salir de los límites de la subjetividad individual de la conciencia que filosofa (*innere Kriterien*): El “yo pienso” acompaña a todas mis representaciones, constituyéndose como tal, dentro de una experiencia posible compartida (al menos en su estructura formal).⁸⁴

No todo juicio es apodíctico. El juicio no quiere decir que las representaciones enlazadas por él pertenezcan necesariamente las unas a las otras en la intuición empírica, sino que pertenecen la una a la otra en la síntesis de las intuiciones mediante la unidad necesaria de la apercepción. En el caso ideal de una experiencia totalmente constituida, sus enlaces tendrían que ser todos necesarios y los juicios que los expresen, apodícticos. Por eso dice Kant que la diferencia entre lo necesario y lo simplemente existente no tendría sentido para un entendimiento intuitivo, esto es, capaz de conocer la verdad de golpe y no de manera procesal.⁸⁵

Lo meramente objetivo es el modo de enlace establecido por la unidad trascendental de la apercepción, la cual nos da la unidad objetiva de la conciencia y con ella las condiciones requeridas para que el “yo pienso” pueda acompañar a las representaciones.

Con la nueva definición de juicio en la mano, Kant puede entender que lo múltiple de una intuición dada está sujeto a las categorías. Las categorías son las funciones del juzgar, en cuanto lo múltiple de una intuición dada es determinado con respecto a ellas. De ésta manera fundamenta la tesis central de la deducción:

Todas las intuiciones sensibles se hallan bajo las categorías como únicas condiciones bajo las cuales puede coincidir la diversidad de esas intuiciones en una conciencia.⁸⁶

Antes de pasar a la fundamentación objetiva recapitulemos brevemente el proceso seguido en la fundamentación subjetiva:

⁸³ *Proleg.* Observación III al § 13, 103 (Ak. IV, 290). Cfr. *KrV.*, A 820/B 848.

⁸⁴ Cfr. Palacios, J. M., *Op. cit.*, 36.

⁸⁵ *KU.*, § 76.

⁸⁶ Cfr. *KrV.*, B 143.

- §§ 15-17: Lo múltiple dado en la intuición pertenece a la unidad sintética originaria de la apercepción, porque sólo en virtud de ella es posible la unidad de la intuición.
- §§ 18 y 20: Aquel acto del entendimiento mediante el cual lo múltiple de las representaciones dadas (ya sean intuiciones o conceptos) es sometido a una apercepción en general, es la función lógica de los juicios.
- De ambas premisas se concluye que todo lo múltiple, en cuanto está dado en una intuición empírica unitaria, está determinado con respecto a una de las funciones lógicas de juzgar, por lo cual es referido a una conciencia en general.
- Pero el § 10 decía que la misma función que confiere unidad a las diversas representaciones en un juicio, le da unidad a la pura síntesis de diferentes representaciones en una intuición, y que esta función concebida en toda su universalidad se llama categoría.
- Por eso el § 20 dice: Ahora bien, las categorías no son otra cosa que, justamente, estas funciones lógicas de juzgar, en cuanto lo múltiple de una intuición dada es determinado con respecto a ellas. En consecuencia, lo múltiple de una intuición dada está sujeto también a las categorías. Gracias a la nueva definición de juicio (§ 19), la argumentación que los §§ 15-17 retoman de la primera edición queda referida, propia e inequívocamente, a las categorías identificadas con las funciones del juicio en la “deducción metafísica” (§ 10). Queda transferida así a la deducción metafísica la tarea de determinar cuales y cuantas son estas categorías.
- El § 21 tiene un carácter intermedio entre ambos bloques.
- Del § 22 al § 27 Kant llevará a cabo la fundamentación objetiva, la cual se propone demostrar el posible uso universal empírico de las categorías.

X.2. Sentido de la síntesis categorial.

En conformidad con lo anterior Kant entiende que lo múltiple contenido en una intuición que llamo mía es representado, en virtud de la síntesis del entendimiento, como perteneciente a la unidad necesaria de la autoconciencia. Con

ello queda establecido, que la conciencia empírica de lo múltiple dado en una intuición unitaria, está sujeto a una autoconciencia pura *a priori*, del mismo modo como la intuición empírica está sujeta a la intuición sensible pura, que también tiene lugar *a priori*.

Hasta aquí llegaba la deducción de 1781. En la de 1787 dice Kant que sólo es el comienzo. El propósito de la deducción sólo se alcanza en el § 26 en el que se muestra, atendiendo al modo como la intuición empírica es dada en la sensibilidad, que la unidad de dicha intuición empírica es la misma que la categoría prescribe a lo múltiple de una intuición en general. Solamente así, dice Kant, quedará explicada la validez *a priori* de las categorías respecto de todos los objetos de nuestros sentidos. Por supuesto esto es más que discutible. Pero para nuestros propósitos nos es más interesante atender a otras cosas.

Veamos tres observaciones del § 21. Este párrafo es un intermedio entre la deducción de las categorías para una sensibilidad en general (1781 y §§ 15-20) y el examen de su aplicabilidad a los objetos espaciales y temporales del conocimiento humano (§§ 21-27 de 1787).

1. La independencia de las categorías respecto de la sensibilidad es de suma importancia. Ésta queda demostrada porque se ha podido operar una deducción para una sensibilidad en general. Las categorías no dependen de la sensibilidad, aunque sólo con la colaboración de ésta puedan servir al conocimiento. Gracias a esta independencia podemos pensar (aunque sin conocer) los entes suprasensibles. Podemos hacer abstracción de las condiciones de nuestra intuición sensible y considerar a las categorías como formas puras al margen del espacio y el tiempo.

Esta posibilidad es interesante a fin de hablar de una suerte de “sensibilidad” no euclídea. Ahora bien, nosotros no queremos hablar de una conciencia en general no espacio-temporal sino de una conciencia espacio-temporal en general, es decir, que contemple la necesidad de un espacio (como modalidad del tiempo) no determinado por la forma característica de nuestra sensibilidad (euclídea), sino por una forma en general susceptible de adoptar una estructura u otra.

La posibilidad de hacer abstracción de las condiciones de nuestra intuición sensible no debe abarcar a la espacio-temporalidad. Nuestra interpretación entiende

que la sensibilidad humana es la sensibilidad espacial y temporal euclidiana. Esta diferenciación estaba vedada a Kant, aunque hablase en 1746 de una geometría suprema aún quedaba camino por recorrer hasta la aparición de las geometrías no euclídeas. Nuestra interpretación, pensando en la física, no puede hacer abstracción de una sensibilidad espacio-temporal. Ciertamente puede darse una “intuición” pura no euclidiana (intuición intrateórica) gracias a los esquemas espaciales, pero es temporal y espacial, humana. Esta intuición *a priori* no es, en efecto, la intuición pura de la geometría euclidiana a la que Kant se refiere, si bien tiene que estar enlazada con ella necesariamente si queremos que signifique algo.

2. La síntesis categorial sólo puede ejercerse sobre la multiplicidad dada en una intuición sensible.⁸⁷ Un entendimiento que intuyese por sí mismo, activamente y no por afección pasiva, no necesitaría las categorías. Sería un entendimiento divino, es decir, un no-entendimiento. Por consiguiente, aunque las categorías no dependan, según Kant, de las condiciones *a priori* propias de la sensibilidad humana, están intrínsecamente referidas a las condiciones de una sensibilidad en general. En efecto, las categorías podrán enlazar la multiplicidad sensible (espacial y temporal) con anterioridad a ésta, es decir, podrán expresar las formas de enlace objetivo, pero siempre se aplicarán a las formas puras de la intuición. Esta aplicación dará diferentes formas de enlace según se refiera a la intuición pura euclidiana o a otra intuición intrateórica no euclidiana.

El objeto que las categorías conciben, aunque no atado específicamente a los principios euclidianos del espacio, es en todo caso un objeto sensible. Pero el objeto del conocimiento sensible en general es siempre un objeto fenoménico, sujeto a las condiciones de la sensibilidad peculiar a que se ofrezca; nunca un ente absoluto o *cosa en sí* al cual debemos pensar, más bien, como el objeto de una intuición intelectual.⁸⁸ Por tanto, las categorías, aunque son los conceptos de un objeto (sensible) en general, son en principio, inaplicables a las *cosas en sí*.

En el § 34 n. de *Prolegómenos* Kant utiliza la expresión “intuición posible” y en la *Observación general sobre el tránsito de la psicología racional a la*

⁸⁷ Cfr. *Ibíd.*, B 125.

⁸⁸ Cfr. *Proleg.* § 34, 149 (Ak., IV, 316-317).

cosmología Kant dice que:

El pensamiento, tomado en sí mismo no es más que la función lógica y, consiguientemente, la simple espontaneidad de la unión de la diversidad de *una intuición meramente posible*.⁸⁹

Nosotros entendemos que una intuición posible es una intuición pura euclidiana, pero también una intuición pura intrateórica, la cual puede ser euclidiana y no euclidiana.⁹⁰ Hay, pues, una intuición euclídea (sensible) y una intuición no euclídea (sensible en virtud de la intuición euclídea). Lo que no es intuible en absoluto es lo que no es fenómeno, es decir, la *cosa en sí*. Una intuición intelectual no es nada para nosotros, pero una intuición pura intrateórica (que en efecto es intelectual, sólo que conectable con la con la intuición sensible en la cual adquiere su sentido), es la condición sensible (esquema) del enlace de los posibles objetos no euclidianos en una conciencia en general.

Para terminar señalaremos que en *Progresos de la metafísica* se dice que las categorías no presuponen ningún género determinado de intuición, pueden servir para cualquier clase de intuición, incluso para una suprasensible.⁹¹

3. No podemos fundamentar la razón de ser de la estructura peculiar de nuestra sensibilidad y entendimiento, con sus principios *a priori*, según Kant inmutables, el espacio y el tiempo y las doce categorías:

De la peculiaridad de nuestro entendimiento... que sólo puede efectuar la unidad de la apercepción mediante las categorías y precisamente mediante este número y modalidad de ellas, no se puede dar una razón, así como tampoco puede darse una razón de por qué tenemos justamente éstas y ninguna otra función de juzgar, o de por qué el tiempo y el espacio son las únicas formas de nuestra intuición posible.⁹²

Pero cómo sea posible esta propiedad peculiar de nuestra sensibilidad misma o la propiedad peculiar de nuestro entendimiento y de la apercepción necesaria que yace en el fundamento de él y de todo pensar, es algo que no se puede seguir resolviendo ni responder, porque para toda respuesta y para todo pensamiento de los objetos necesitamos siempre recurrir a estas propiedades.⁹³

⁸⁹ *KrV.*, B 428. (El subrayado es nuestro).

⁹⁰ Estaría por ver que toda intuición pura sea euclidiana ya que, según la escuela de Palo Alto, nuestras percepciones se explican mejor desde el espacio riemanniano que desde el euclídeo. Cfr. Duque, F., *La fuerza de la razón. Invitación a la lectura de la "Crítica de la razón pura" de Kant*. Edit. Dickinson, Madrid, 2002, p. 78, n. 88. En todo caso, nosotros no tomamos en consideración estos estudios y entendemos que la geometría que mejor se adapta a la intuición humana es la euclidiana, puesto que es la que se aplica en la matemática con la que se manejan todas las geometrías.

⁹¹ Cfr. *Progresos.*, 34 (Ak., XX, 272).

⁹² *KrV.*, B 145-146.

⁹³ *Proleg.*, § 36, 179 (Ak., IV, 318).

Si la estructura de nuestro entendimiento no responde a una necesidad evidente, ésta puede cambiar. Pero Kant nos dice que no, porque la síntesis constitutiva de la experiencia sólo puede llevarse a cabo mediante un sistema cerrado de categorías. Entre dos sistemas diferentes no habría comunicación posible, pues darían lugar a dos experiencias diferentes.

Sin embargo, la historicidad del entendimiento es una posibilidad interesante si admitimos que es posible empezar el proceso de constitución de la experiencia aunque no se disponga todavía de todos los principios *a priori* que serían necesarios para completarla (o dispongamos de versiones toscas de los mismos). Cabría entonces una reforma gradual del entendimiento. Nosotros no exploramos en este trabajo dicha alternativa, no entramos a valorar si la tabla de las categorías es algo completo, acabado, o si varía acorde con la historia, ya que para nuestro objetivo en esta investigación no es necesario modificarla.

X.3. Pensar y conocer.

En definitiva, pensar (*denken*) no es conocer (*erkennen*):⁹⁴

Pensar un objeto y *conocer* un objeto no es, pues, lo mismo. El conocimiento incluye dos elementos: en primer lugar, el concepto mediante el cual es pensado un objeto en general (la categoría); en segundo lugar, la intuición por medio de la cual dicho objeto es dado. Si no pudiésemos asignar al concepto la intuición correspondiente, tendríamos un pensamiento, atendiendo a su forma, pero carente de todo objeto, sin que fuera posible conocer cosa alguna a través de él.⁹⁵

¿Pero todo lo que podemos pensar puede conocerse? Veamos dos posibilidades:

1. *Dogmatismo*: Podemos conocer todo lo que podemos concebir.
2. *Positivismo*: Sólo podemos concebir aquello que podemos conocer, limitándose esto a fenómenos empíricos.

El dogmatismo da lugar al problema crítico de Kant, el de la correspondencia entre los conceptos y las cosas. Kant encuentra una solución para los objetos de la experiencia posible. Esto estimula el radicalismo positivista, sin embargo, Kant llega

⁹⁴ Cfr. *KrV.*, B XXVI-XXVII.

⁹⁵ *Ibíd.*, B 146.

más allá que los positivistas, en concreto a la noción de objeto en general. Podemos pensar cualquier objeto, pero conocer sólo algunos.

Mediante las categorías:

- Podemos pensar el concepto de un objeto de una intuición espacio-temporal cualquiera.
- Podemos conocer el concepto de un objeto de nuestra intuición pura euclidiana.
- No podemos pensar el concepto de un objeto de una intuición no sensible o *cosa en sí*.

Las categorías poseen, por su misma índole y función, una referencia a lo múltiple dado en alguna suerte de intuición sensible, que no necesita ser la intuición espacial y temporal propia del ser humano, pero que tampoco sería una intuición intelectual, capaz de conocer las *cosas en sí*:

Los conceptos puros del entendimiento están exentos de tal limitación [crítica] y se extienden a los objetos de la intuición en general, sea esta igual o desigual a la nuestra, siempre que sea sensible y no intelectual.⁹⁶

Como para los objetos sometidos a una geometría no euclídea poseemos una intuición empírica indirecta, tales objetos pertenecen a la experiencia posible. El esquema espacial nos da un proyecto de objeto al que se aplica el pensamiento conceptual; da contenido al pensamiento anticipando su posible conexión con la experiencia. Se genera así el objeto matemático, el cual sólo hace referencia a la forma del objeto, no a su existencia, para ser objeto fenoménico tiene que estar conectado de manera objetiva con alguna percepción.

Kant continúa diciendo:

Pero esta extensión de los conceptos más allá de nuestra intuición sensible no nos sirve para nada. Pues son entonces conceptos vacíos de objetos, de los que ni siquiera podemos juzgar si son posibles o no: son meras formas del pensamiento sin realidad objetiva, ya que no tenemos a mano intuición alguna a la que aplicar la unidad sintética de la apercepción, único contenido de esas formas. Con tal aplicación podrían determinar un objeto. Sólo nuestra intuición sensible y empírica puede darles sentido y significación.⁹⁷

⁹⁶ *Ibíd.*, B 148. Cfr. B 145 y B 150.

⁹⁷ *L. c.*, B 148-149.

En efecto, por eso nuestro cometido es mostrar que los objetos no euclidianos hacen referencia a fenómenos, siempre que podamos relacionarlos con nuestra intuición sensible y empírica de la que habla Kant.

Sin embargo, hay un uso ilícito en el que las categorías se usan para conocer la *cosa en sí*, el uso dogmático. Y un uso crítico en el que se usan para pensar la *cosa en sí*, pero ya en la parte de la *Dialéctica trascendental*, de manera *analógica*,⁹⁸ es decir, al modo de los objetos de la intuición sensible. Este tipo de conocimiento conlleva el problema de la aplicación legítima de la causalidad a esos entes pensados por analogía, lo cual es ya emplear una categoría de manera ilícita o dogmática, pero ese problema no nos atañe en este momento.

Los tres primeros párrafos del § 24 tratan de la doble modalidad de la síntesis categorial:

- *Síntesis intelectual*: De lo dable a una intuición sensible en general.
- *Síntesis figurada*: De lo dado a nuestra intuición espacial y temporal.

La síntesis intelectual es el proyecto de una síntesis, pues al entendimiento le falta el material a sintetizar. Está pensada en la categoría, lo cual permite hablar del entendimiento como una entidad separada y confunde a veces a la psicología racional:

El espejismo dialéctico en la psicología racional descansa en la confusión de una idea de la razón (la idea de una inteligencia pura) con el concepto enteramente indeterminado de un ente pensante en general. Me pienso a mí mismo para los efectos de una experiencia posible, haciendo abstracción de toda experiencia actual, e infiero de ello que puedo tomar conciencia de mi existencia también al margen de la experiencia y de sus condiciones empíricas. En consecuencia confundo la posibilidad de hacer abstracción de mi conciencia empíricamente determinada, con la pretendida conciencia de una posible existencia *separada* de mi yo pensante.⁹⁹

La síntesis figurada se atribuye a la imaginación. Pero entiende ahora la imaginación, no como una facultad irreductible, sino como emparentada con el entendimiento:

⁹⁸ Cfr. *Proleg.*, § 58, 149 (Ak., IV, 357-358).

⁹⁹ *KrV.*, B 426-427.

Es una y la misma espontaneidad la que allí [en la síntesis empírica] bajo el nombre de imaginación, aquí [en la síntesis intelectual] bajo el nombre de entendimiento, introduce el enlace en lo múltiple de la intuición.¹⁰⁰

La síntesis empírica de la imaginación (síntesis de la aprehensión) y la síntesis intelectual contenida en la categoría, es asegurada por la síntesis trascendental de la imaginación que refiere a la unidad de la apercepción, según las categorías, la multiplicidad pura del tiempo y del espacio, y confiere así a estas representaciones su unidad. Esta síntesis *a priori* de la imaginación productiva condiciona y posibilita la síntesis empírica de la multiplicidad intuitiva recibida por los sentidos y está implícita en toda experiencia efectiva. Esta síntesis proyecta anticipadamente el espacio y el tiempo organizados en una urdimbre de relaciones posibles, en las que se insertan los datos sensoriales determinándola. Genera como una especie de ecuación en la que los datos sensoriales hacen las veces de variables. Por ejemplo, antes de abrir la puerta para salir a la calle proyecto el espacio y el tiempo en un sistema de relaciones posibles en el que los nuevos datos se han de conectar, ciertamente soy consciente de lo que me puedo encontrar al salir a la calle, pero no lo sé de hecho hasta que no lo percibo. Si la imaginación productiva no proyectase en el continuo espacial y temporal un esquema de relaciones virtuales, el conocimiento empírico no podría constituirse ni avanzar.

La síntesis pura es la virtualidad de una síntesis pensada en la categoría. La síntesis *a priori* es una síntesis virtual del espacio y el tiempo puros, pero bosquejada en cada síntesis empírica efectiva. Se trata también de una síntesis triple, pero como sabemos existen diferencias notables entre ambas deducciones.

En la primera parte del § 26 Kant recuerda que la deducción metafísica de las categorías (§§ 9 y 10) ha elaborado la tabla de éstas, apelando a su coincidencia con las funciones lógicas universales del pensar. La deducción trascendental ha mostrado luego la posibilidad de esas categorías como representaciones cognoscitivas *a priori* de objetos en general. Ahora tenemos que explicar la posibilidad de conocer *a priori*, mediante las categorías, los objetos que puedan presentarse a nuestros sentidos. Este conocimiento *a priori* no se refiere a la forma de su aparición intuitiva, eso se demostró en la *Estética trascendental*. Ahora se trata

¹⁰⁰ *Ibíd.*, B 162 n.

de las leyes del enlace de estos objetos, de manera que este conocimiento *a priori* prescribe las leyes a la naturaleza y la posibilita como tal.

Sin embargo, es aquí donde Kant introduce la importante corrección a la *Estética trascendental* según la cual el espacio y el tiempo son considerados como formas puras de la intuición y como intuiciones puras. Como dice Kant en la primera nota del § 26 (anteriormente reproducida),¹⁰¹ el entendimiento mediante la unidad sintética de la multiplicidad pura da lugar a la representación intuitiva del espacio como un objeto.

Kant llama ahora síntesis de la aprehensión a la combinación de lo múltiple de una intuición empírica que posibilita la conciencia empírica de eso múltiple, esto es, su concepción como fenómeno.¹⁰² Es, pues, siempre empírica, ahora bien, esta síntesis (que lleva consigo toda intuición empírica) está sometida a la unidad sintética originaria de la apercepción. Por consiguiente, toda nuestra experiencia, entendida como el enlace sintético de nuestras percepciones está sometida a la síntesis categorial. La objetividad de las categorías radica en que ellas son las condiciones de posibilidad de la experiencia y de sus objetos:

Además, teniendo en cuenta que la experiencia es un conocimiento obtenido por medio de percepciones enlazadas, las categorías son condiciones de posibilidad de la experiencia y, por ello mismo, poseen igualmente validez *a priori* respecto de todos los objetos de la experiencia.¹⁰³

En los últimos dos párrafos del § 26 Kant se pregunta cómo es posible que las categorías prescriban normas a la naturaleza. La respuesta que da es parecida a la de 1781. La naturaleza es un conjunto de fenómenos, es decir, de representaciones de cosas desconocidas en sí mismas. Como simples representaciones no están sujetas a otra norma de enlace que la que prescribe la propia facultad enlazadora.

En el último párrafo del § 26 se argumenta así: Como todo lo que puede ofrecerse a nuestros sentidos tiene que estar sujeto a las leyes que surgen *a priori* del entendimiento, espacio y tiempo son formas de la intuición, pero también intuiciones formales. Por intuiciones formales, entiende Kant, representaciones intuitivas de una multiplicidad no empírica. El espacio y el tiempo se representan, de

¹⁰¹ *Vid.*, supra, 254 nota 63.

¹⁰² Cfr. *Ibíd.*, B 160.

¹⁰³ *Ibíd.*, B 161.

esta manera, como multiplicidades únicas y por tanto unitarias. Como tal supone, pues, un enlace o unidad sintética que condiciona también todas las intuiciones empíricas que deban ajustarse a esas intuiciones puras. Por consiguiente, en las intuiciones del espacio y el tiempo está dada *a priori*, como condición de toda síntesis aprehensiva empírica, la unidad de la síntesis de lo múltiple dentro y fuera de nosotros. Esta *unidad* presupone una síntesis que hace posible nuestras representaciones del espacio y el tiempo, que tiene que ser obra de la espontaneidad de la mente. El espacio y el tiempo en lugar de ser, como en 1770, principios de una sensibilidad pasiva, opuesta al entendimiento, deben a la espontaneidad intelectual la unidad que viene a constituirlos como tales.

Se está justificando así la posibilidad de valerse del entendimiento para el conocimiento *a priori* de lo real. Tenemos una premisa formal: *la unidad sintética de la multiplicidad pura del espacio y el tiempo, es la unidad sintética del enlace en una conciencia originaria que vale para una intuición en general y que se aplica ahora a nuestra intuición sensible*. La premisa supone que las normas del enlace de lo múltiple en nuestra intuición pura, tienen que ser las mismas normas del enlace de lo múltiple en una intuición sensible cualquiera (y que ya conocemos). Tenemos esta misma premisa en una versión que podemos llamar material y que se expone en la doctrina de las triple síntesis. Allí se establecía la necesaria intervención de los conceptos (en esta síntesis) atendiendo directamente la cosa misma. El problema era que no quedaba claro por qué estos conceptos coincidían con las categorías.

Se necesita combinar ambas versiones para una fundamentación coherente. Entonces, si la premisa se acepta, se concluye que toda síntesis empírica, constitutiva de percepciones, está sujeta a las categorías, y puesto que la experiencia es conocimiento mediante percepciones enlazadas, las categorías son condiciones de la posibilidad de la experiencia y valen, entonces, *a priori* también para todos los objetos de la experiencia.

X.4. Esquematismo y síntesis figurada.

La experiencia es conocimiento por percepciones enlazadas. La síntesis *a priori* organiza el espacio y el tiempo como un sistema de patrones de enlace. Ahora, en la doctrina del esquematismo, se tratará el tema de la imaginación productiva como mediadora entre la pura concepción intelectual de la categoría y su aplicación efectiva en la determinación de los objetos de la experiencia posible.

La síntesis de las intuiciones efectuadas por la imaginación no constituye conocimiento alguno, requiere, además, de la unidad de la síntesis que la categoría prescribe. Las categorías constituyen las formas posibles máximamente generales de representación de un objeto. La unidad sintética originaria quedó establecida como la condición pura de posibilidad de todo acto del entendimiento, se trata, por tanto, de una síntesis intelectual. Sin embargo, la relación entre los datos empíricos y las categorías requiere otra síntesis que no es la intelectual:

En efecto, la mediación entre los datos sensibles y los conceptos puros del entendimiento sólo va a poder ser posible a través de la síntesis figurada o esquema, [...]. Esquema y síntesis figurada expresan las dos consideraciones posibles de una misma función: la síntesis designa el acto, el esquema, su producto.¹⁰⁴

La síntesis figurada produce el esquema en su aplicación a lo múltiple *a priori* del espacio y el tiempo. La síntesis intelectual produce la categoría en su aplicación a una intuición en general. La síntesis figurada es la síntesis trascendental de la imaginación cuando se refiere a la originaria unidad sintética de la apercepción. Tanto la síntesis como la imaginación son trascendentales porque son *a priori* y al mismo tiempo fundamentan todo conocimiento *a priori* y empírico.¹⁰⁵ La imaginación reproductora pertenece a la psicología empírica y por tanto nada tiene que ver con esta síntesis. La función de la síntesis figurada es relacionar la unidad sintética de la conciencia (expresada a través de cada una de las categorías) con la multiplicidad *a priori* del espacio y del tiempo. Participa de la sensibilidad en su materia (formas puras) y del entendimiento al determinar *a priori* las intuiciones puras de la sensibilidad.

¹⁰⁴ Rábade Romeo; S., López Molina; A., Pesquero, E., *Kant, conocimiento y racionalidad*, Cincel, Madrid, 1987, vol. 1, p.142.

¹⁰⁵ Cfr. *KrV.*, B 151.

El *Esquematismo de los conceptos puros del entendimiento* es una investigación común a las dos ediciones de la *Crítica*.¹⁰⁶ En ella se muestra que la aplicación de las categorías a las intuiciones sensibles no pueden realizarse directamente. Se requiere una representación mediadora que sea en parte intelectual y en parte sensible, esta representación es el *esquema trascendental*. Los esquemas son determinaciones trascendentales del tiempo, y el espacio es un modo de éste. Por tanto, la geometría trata de una modalidad temporal, por eso es una ciencia sintética *a priori*, por eso se determina en virtud de la síntesis figurada y por eso es susceptible de recibir diferentes configuraciones todas ellas sintéticas *a priori*.

El esquematismo es aquella forma de conocimiento *a priori* que permite distinguir entre lo sensible y lo no sensible sin necesidad de apelar a ninguna imagen ya sea pura o empírica. El tiempo como intuición pura, y su modalidad el espacio, es configurado por la síntesis figurada para que los datos que podemos encontrar en la experiencia puedan ser “figurados” *a priori*. Las categorías esquematizadas pueden representar dos tipos de contenidos:

1. *Objetos matemáticos*: Objetos determinados por la multiplicidad pura temporal (y virtualmente espacial), pero empíricamente indeterminados.
2. *Objetos físicos*: determinados por una multiplicidad empírica temporal directamente percibida y por una multiplicidad espacial percibida directa o indirectamente.

Por eso la síntesis figurativa y el esquema trascendental son las condiciones que posibilitan que el objeto matemático sea determinado trascendentalmente; es decir, posibilitan que la geometría no euclídea sea una ciencia sintética *a priori*.

Por consiguiente, el “esquematismo” de los conceptos puros del entendimiento es el procedimiento por el cual las categorías organizan la forma universal de la sensibilidad, el tiempo, y se vuelven así aplicables a la multiplicidad empírica dada o dable en esa forma. Los esquemas de las categorías son las determinaciones trascendentales del tiempo, los modos de estructurarse la multiplicidad pura del tiempo unificada conforme a las categorías. Como el tiempo

¹⁰⁶ *Ibíd.*, A 137/B 176.

es la forma universal de la sensibilidad y el espacio es una modalidad suya, algunos esquemas presuponen o incluyen una referencia al espacio.

El esquema de un concepto posibilita la aplicación de éste a los objetos particulares correspondientes. La síntesis figurada se da en la imaginación productiva, por tanto su producto, el esquema, es un producto de esta imaginación, pero no es una imagen, sino un procedimiento general de la imaginación para procurarle su imagen a un concepto. En el caso de los objetos sin imagen intuitiva ésta se sustituye por el esquema espacial, el cual al no generar imagen suple a la intuición, por eso la llamamos *intuición intrateórica*.¹⁰⁷

Reconocemos el objeto al referirlo a su concepto, gracias a que el objeto se encuadra en un sistema de procedimientos generales de la imaginación dedicado a tal fin. Reconocer un objeto implica incorporarlo en la síntesis de las experiencias según un procedimiento definido. Ese objeto se puede conocer como magnitud, realidad, sustancia, causa, efecto... De la misma manera que los conceptos de objetos empíricos requieren ese sistema de unificación, así también las categorías, o conceptos de un objeto en general, sólo pueden aplicarse si tienen ciertos procedimientos generales de la imaginación o esquemas. Las categorías puras sólo expresan las funciones lógicas del Juicio, para poder aplicarlas al objeto necesitamos descubrir la condición intuitiva sensible que asegure al concepto puro su referencia al objeto. El esquema de un concepto empírico es el modo o sistema de modos de configurarse espacial y temporalmente una multiplicidad empírica dada. El esquema de una categoría es el modo de configurarse la multiplicidad pura del espacio y el tiempo mismos. Todos los objetos, situaciones o procesos empíricos tendrán que aprehenderse como variedades específicas, determinadas *a posteriori*, de estos modos generales de configurar el tiempo y el espacio. Como el tiempo es la forma universal de la sensibilidad, y las categorías tienen que aplicarse a todo objeto de la experiencia, Kant describe los esquemas como modos de configurar la multiplicidad temporal. Sin embargo, reconocerá que algunos esquemas implican una configuración del espacio, a tales esquemas les hemos llamado esquemas espaciales. La estructura del tiempo como sucesión no afecta a la geometría, sin embargo, su

¹⁰⁷ Aunque no podamos tener imagen de estos objetos se puede recrear euclidiánamente, pero tal imagen nunca será real.

modalidad simultánea o espacio es justo de lo que trata. Así como existe una estructura invariable en el tiempo hay una configuración invariable en la estructura espacial, Kant la llamaba geometría suprema y consta de los mismos postulados que la geometría euclidiana a excepción del quinto.¹⁰⁸

Cada esquema caracteriza la configuración temporal que debe revestir una situación empírica para ser pensada por la categoría respectiva. En este sentido, puede decirse que los esquemas proporcionan la condición sensible para la aplicación de las categorías, o que señalan el objeto a que éstas se aplican, y al hacerlo les procuran un significado. Cuando el esquema hace referencia a un objeto del que carecemos de intuición, éste proporciona un patrón de configuración espacial. Dicho patrón proporciona una referencia a la categoría a modo de intuición (intuición intrateórica) que genera un objeto matemático puro. Si este objeto encuentra un punto de contacto con la experiencia adquiere existencia. Se trata de un objeto de una experiencia no directamente intuible (experiencia intrateórica o transfigurada), pero que forma parte de la experiencia posible. La conexión entre ambos aspectos de la experiencia no puede ser directa, siempre mediará entre ellos una conexión causal, la cual, al ser estrictamente temporal permite la conexión entre estructuras espaciales diferentes.

¿En que se diferencian las categorías de los esquemas? Tal pregunta no tiene respuesta. ¿No pensamos acaso en el método de construcción o esquema cuando concebimos un concepto? Lo que las categorías significan lo dicen sus esquemas, esa es su función:

Este esquematismo de nuestro entendimiento, respecto de los fenómenos y de su mera forma, es un arte recóndito en las profundidades del alma humana, cuyo verdadero manejo difícilmente adivinaremos a la naturaleza y pondremos al descubierto.¹⁰⁹

Los esquemas son las condiciones sensibles de aplicación, a una sensibilidad espacio-temporal en general, de las categorías. Las categorías sin sus esquemas representan la pura posibilidad lógica, no la posibilidad real de tales conceptos:

Al comienzo de la sexta de sus *Meditaciones metafísicas*, Descartes distinguía entre la representación conceptual y la representación imaginativa de una

¹⁰⁸ Lo que hace que el espacio-tiempo varíe no es una u otra estructura general, sino el cambio en la curvatura de una estructura general, o bien el paso de una estructura general a otra.

¹⁰⁹ *Ibíd.*, A 142/B 181.

figura geométrica, señalando que de un quiliógono o polígono de mil lados sólo podemos tener la primera; Kant ha mostrado que también nuestra representación de esta figura pertenece a la imaginación, aunque no consista en una imagen, sino en un esquema o procedimiento de construcción.¹¹⁰

Nosotros en vez de quiliógonos hablamos de fenómenos sometidos a una geometría no intuitiva u objetos no euclidianos, pero el razonamiento es el mismo. El propio Kant llega a decir que:

Cuando Arquímedes trazó un polígono de 96 lados en torno al círculo e inscribió otro semejante en él, para establecer cuánto menor era el círculo que el primero y cuánto mayor era que el segundo ¿puso o no una intuición bajo su concepto del citado polígono regular? Inevitablemente tuvo que ponerla a la base de éste, aunque no dibujándola de hecho (lo que sería una exigencia innecesaria y absurda), sino en cuanto conocía la regla de la construcción de su concepto, es decir, su capacidad de determinar la magnitud del mismo con tanta aproximación como él quisiera a la del objeto en cuestión, y de dar así este último en la intuición con arreglo al concepto, con lo cual pudo demostrar la realidad de la regla misma, y con ella, también la de este concepto para el uso de la imaginación.¹¹¹

El esquema significa una regla para la síntesis de la imaginación con respecto a figuras puras en el espacio.¹¹² Con esta doctrina Kant preserva la naturaleza intuitiva de la geometría contra el racionalismo cartesiano; nosotros queremos preservar lo mismo pero frente al positivismo lógico del Círculo de Viena.

Hemos dicho que entre categorías y esquemas no puede señalarse ninguna diferencia, sin embargo existe diferencia entre ellas, ya que de lo contrario no se podría concebir al entendimiento como algo independiente de la sensibilidad. La categoría pura es aquello que piensa la síntesis pura, concibiendo la unidad en el pensamiento de lo múltiple de una intuición posible en general; expresa el pensamiento de un objeto en general según modos diferentes.¹¹³ El esquema es aquello en virtud de lo cual se aplica la síntesis figurada como estructura concreta, aunque variable, de la forma universal de la sensibilidad.

Si pensamos las categorías por sí mismas, separadas de su significado (categorías puras) no tienen valor cognoscitivo, carecen de realidad objetiva:

Sí en el concepto de causa prescindiera del tiempo en el que algo sigue a otra cosa conforme a una regla, no encontraría en la pura categoría más que el hecho de que hay algo de lo que puede inferirse la existencia de

¹¹⁰ Cfr. Torretti, R., *Op. cit.*, 410. Cfr. *KrV.*, Tecnos, edición de José García Norro y Rogelio Rovira, Madrid, 2002, n. 85, p. 201.

¹¹¹ *Respuesta a Eberhard*, (Ak., VIII, 212); cfr. *Carta de Reinhold del 19 de mayo de 1789*, (Ak., XI, 46).

¹¹² *KrV.*, A 141/B 180.

¹¹³ *Ibíd.*, A 247/B 304.

otra cosa. Pero con ello no sólo no podría distinguir entre sí la causa y el efecto, sino que además, por cuanto esta posibilidad de inferir supone requisitos que ignoro, el concepto carecería de toda determinación que permita juzgar si se ajusta a objeto alguno.¹¹⁴

Las categorías puras son funciones lógicas que representan una cosa en general, pero no pueden dar un concepto determinado de cosa alguna:

Es verdad que, incluso tras haber sido eliminada toda condición sensible, los conceptos puros del entendimiento conservan una significación, pero es la significación meramente lógica de la unidad de las representaciones, sin que pueda atribuirse a dichos conceptos objeto alguno ni, consiguientemente, significación alguna capaz de suministrarnos un concepto del objeto.¹¹⁵

Kant mantiene esta diferencia porque piensa que el entendimiento es un sistema independiente de la sensibilidad. Las categorías puras, aun vacías de contenido, conservan la determinación suficiente para que no se confundan entre sí. Por eso, las categorías sin esquematizar, dan opción a poder pensar lo suprasensible. Mas las meras categorías puras no bastan, requieren otro procedimiento de la imaginación: el simbolismo o representación analógica: “Un conocimiento tal es el conocimiento *por analogía*, que no significa, como se entiende ordinariamente la palabra, una semejanza imperfecta entre dos cosas, sino una semejanza perfecta de dos relaciones entre cosas completamente desemejantes”.¹¹⁶

Mediante la *Deducción trascendental* hemos podido comprobar que la referencia de los conceptos a los objetos reside en su pertenencia a una experiencia posible, la cual se da en virtud de la necesaria adecuación entre éstos y la forma de la experiencia en general. Mediante la *Analítica de los conceptos* veremos que la forma de la experiencia puede ser develada *a priori* porque se encuentra dada de antemano, pudiéndose conocer *a priori* la forma de *toda* experiencia posible.

¹¹⁴ *Ibíd.*, A 243/B 301.

¹¹⁵ *Ibíd.*, A 147/B 186.

¹¹⁶ *Proleg.*, § 58, 267 (Ak., IV, 367-358).

XI. Ontología a priori de la naturaleza.

XI.1. Sentido de los principios del entendimiento puro (*Grundsätze*). XI.2. Formas intuitivo-perceptivas. XI.2.1. Sueños y alucinaciones. XI.2.2. Principios pre-geométricos. (Axiomas de la intuición). Quantum y quantitas. XI.2.3. Principios perceptivos. XI.3. Fuerzas y existencia. XI.3.1. Relaciones temporales. (Principios de inherencia, causalidad e interacción). Principio de inherencia. (Primer modo del tiempo). Principio de causalidad. (Segundo modo del tiempo). Relación del principio de causalidad con el de la permanencia de la sustancia. Principio de interacción. (Tercer modo del tiempo). XI.3.2. Modos subjetivo-existenciales (Postulados del pensar empírico en general). Postulado de la posibilidad. Postulado de la existencia o realidad efectiva (*Wirklichkeit*). Postulado de la necesidad.

XI.1. Sentido de los principios del entendimiento puro (*Grundsätze*).

Lo primero que debemos decir al hablar de principios es que para Kant, un principio en sentido propio (*Prinzip*), es aquel que puede suministrar conocimiento sintético a partir de conceptos, siendo la razón la facultad de los principios (*Vermögen der Prinzipien*).¹¹⁷

Los principios (*Grundsätze*) del entendimiento puro no obtienen su carácter sintético de conceptos, sino de las condiciones materiales de la experiencia:

Si, en cambio, consideramos estos principios del entendimiento puro (*Grundsätze des reinen Verstandes*) en sí mismos desde el punto de vista de su origen, no constituyen conocimientos surgidos de conceptos, ni mucho menos. En efecto, ni siquiera serían posibles *a priori* si no acudiéramos a la intuición pura (en las matemáticas) o a las condiciones de una experiencia posible en general. Que todo lo que sucede tenga una causa no podemos inferirlo del concepto de lo que sucede. Al contrario, el principio indica que sólo de lo que sucede podemos obtener un concepto empírico determinado.¹¹⁸

Pero podemos llamarlos principios en un sentido comparativo:

El entendimiento es, pues, incapaz, a partir de conceptos, de suministrar conocimientos sintéticos, que son los que yo denomino principios en sentido propio. No obstante, podemos llamar principios, en sentido comparativo, a todas las proposiciones universales.¹¹⁹

El principio supremo de los juicios analíticos es el principio de contradicción. Éste principio afecta también a los juicios sintéticos como su condición formal, pero la ontología de los fenómenos u ontología crítica no es una doctrina del ente en cuanto a ente, sino del ente en cuanto experimentable. El principio supremo de todos los juicios sintéticos funda la posibilidad del conocimiento científico. Tal conocimiento ha de ser universal, necesario y extensivo, es decir, sintético *a priori*. La extensividad es el carácter distintivo del conocimiento sintético frente al analítico y la universalidad y necesidad son los caracteres del conocimiento *a priori*:

Todo objeto está bajo las unidades necesarias de la unidad sintética de lo múltiple de la intuición en una experiencia posible.¹²⁰

¹¹⁷ Cfr. *KrV.*, A 299/B 356.

¹¹⁸ *Ibíd.*, A 301/B 357.

¹¹⁹ *L. c.*, A 301/B 357-358.

¹²⁰ *Ibíd.*, A 158/B 197.

La tesis fundamental de la filosofía crítica la enuncia Kant inmediatamente después 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*.¹²¹

Todo conocimiento sintético se atiene a la experiencia. La experiencia es “síntesis empírica”, ahora bien, esto no quiere decir que el conocimiento científico sea empírico, no se refiere a la experiencia singular y subjetiva, sino a la objetiva y universal. Se refiere al conocimiento empírico-objetivo (sensibilidad y entendimiento). Se trata de la posibilidad de la experiencia (experiencia posible), la cual da realidad a la síntesis pura. Recordemos que esta síntesis es la que se da en los juicios sintéticos *a priori*, expresa la concordancia del objeto con el conocimiento, es decir, con las condiciones formales de la experiencia, de las cuales él, en su aspecto formal, forma parte. La síntesis pura expresa, pues, la verdad trascendental, es decir, la concordancia con el objeto del conocimiento, que es la condición de posibilidad de la verdad empírica.

El principio supremo de todos los juicios sintéticos es tal por ser el principio supremo de los juicios sintéticos *a priori* y no al contrario, ya que posibilita la experiencia como conocimiento empírico-objetivo. Este principio muestra que el objeto no es algo dado. Si es posible llevar a cabo en un juicio una atribución sintética que vaya más allá de lo contenido en el concepto sujeto, y además hacerlo con algún fundamento, ello se debe a que nuestro conocimiento no es el que se ajusta al objeto, sino que éste es algo construido por el dinamismo *apriorístico* del sujeto cognoscente. Podemos conocer *a priori* a los objetos junto con lo que nosotros mismos ponemos en ellos. No en vano el “yo pienso” tiene que poder acompañar a todas mis representaciones. Así pues, la posibilidad de enunciar juicios sintéticos *a priori* se basa en el hecho de que el objeto es una construcción del dinamismo *apriorístico* del sujeto, resultado del sometimiento de la diversidad intuitiva a las condiciones necesarias de su unificación en una conciencia. Estas condiciones son las categorías, condiciones del pensar en una experiencia posible, sólo a través de las cuales podemos pensar los objetos de la experiencia. Por

¹²¹ Ídem.

consiguiente, nada puede ser objeto de experiencia sin conformarse necesariamente a dichos conceptos.

Ahora bien, ¿en qué consiste el dinamismo *apriorístico* del sujeto cognoscente? Este dinamismo consta de tres requisitos fundamentales:

- Condiciones formales de la intuición *a priori*: espacio y tiempo.
- Síntesis trascendental de la imaginación productiva: se realiza de acuerdo con las categorías. Enlaza *a priori* la multiplicidad sensible sin hacer diferencia entre los tipos de intuición. Determina *a priori* la sensibilidad y la enlaza.
- Síntesis de la apercepción: da unidad a la síntesis pura de la imaginación.

Los principios del entendimiento regulan el uso objetivo de las categorías, son los juicios sintéticos que, asumiendo las condiciones sensibles impuestas por el esquematismo trascendental, se originan *a priori* en virtud de la aplicación de las categorías a los fenómenos. Constituyen, por tanto, las reglas objetivas de todo uso de las categorías y, en ese sentido, pueden considerarse como las condiciones intelectuales de su uso empírico. Se llaman así porque son lógicamente anteriores a los demás conocimientos:

Los principios *a priori* llevan ese nombre no sólo por contener en sí las bases de otros juicios, sino también por no basarse ellos mismos en conocimientos más generales ni de rango superior.¹²²

Estos principios diseñan *a priori* la estructura de la objetividad, porque ponen de manifiesto la identidad entre las condiciones de posibilidad del conocimiento empírico de los objetos y las condiciones de posibilidad de los objetos del conocimiento empírico. Fuera del conocimiento empírico no hay objetos, sólo *cosas en sí*. El objeto requiere al sujeto y viceversa.

El planteamiento trascendental es circular. Tal circularidad es ineludible ya que deben autofundarse:

Aunque tenga que ser probado, [el principio del entendimiento] se llama principio (*Grundsatz*) y no teorema (*Lehrsatz*), precisamente porque posee la peculiaridad de que él mismo hace posible el fundamento de su prueba, a saber, la experiencia, y hay que presuponerlo siempre en ella.¹²³

¹²² *Ibíd.*, A 148-149/B 188; cfr. *supra*, 125 nota 90.

¹²³ *KrV.*, A 737/B 765. *Vid.*, *supra*, 127 nota 96.

Esta circularidad no es algo accidental, sino algo inseparable de la esencia misma de la prueba trascendental; ya que los principios *a priori* del entendimiento, en cuanto constituyen la *ontología crítica* como *philosophia prima*, no pueden fundarse en otros de rango superior. Pero, como tampoco son evidentes en sí mismos, deben autofundarse, convirtiendo, pues, la circularidad en inevitable.¹²⁴

Kant diferencia entre principios matemáticos y principios dinámicos. Los principios matemáticos fundamentan la posibilidad de aplicar las matemáticas a los fenómenos, determinando su apariencia intuitiva. Los principios dinámicos conciernen a su existencia.¹²⁵ Ambos grupos se refieren a los fenómenos (*Erscheinungen*) y poseen una certeza absoluta, pero los primeros son susceptibles de certeza intuitiva y los segundos tan sólo de certeza discursiva.

La apodicticidad de los principios del entendimiento se demuestra mediante una prueba indirecta ya que directamente no pueden ser conocidos. Esto no se debe a que partan de un concepto empírico como les sucede a las leyes de la naturaleza, sino a que son el fundamento del conocimiento objetivo mismo. Por ello hay que demostrarlos partiendo de las fuentes subjetivas que posibilitan un conocimiento del

¹²⁴ Cfr. Julián Carvajal Cordón, *El problema de las categorías y la ontología Crítica en Kant*, Edit. de la Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1985, p. 543.

¹²⁵ La importancia decisiva que Kant otorga a este rasgo distintivo de ambos tipos de principios es algo que sólo se comprende cabalmente en la *Dialéctica trascendental* de la *Crítica*, en la *Tercera parte de la principal cuestión trascendental* de *Prolegómenos* y en la *Aclaración crítica a la Analítica de la razón pura práctica* de la *Crítica de la razón práctica*. Esta distinción resulta determinante a la hora de solucionar la antinomia de la razón pura, tanto en su aspecto matemático como en el dinámico. Dado que los conceptos intelectuales que están a la base de las ideas matemáticas contienen únicamente una síntesis de lo homogéneo, en el enlace matemático de las series de fenómenos sólo podemos encontrar condiciones sensibles, que forman parte de la serie (causalidad física). En cambio; puesto que los conceptos intelectuales que sirven de base a las ideas dinámicas encierran una síntesis de lo heterogéneo, la conexión dinámica de las condiciones sensibles permite hallar una condición meramente inteligible (causalidad por libertad). De esta manera, se vislumbra la posibilidad de dar satisfacción a la aspiración de la razón a lo incondicionado sin interferir en el carácter siempre condicionado de la serie dinámica y sin infringir, por tanto, los principios del entendimiento puro. Se satisfacen, por consiguiente, tanto las exigencias de la razón como las del entendimiento; ya que este último no puede admitir una condición empíricamente incondicionada entre los fenómenos, pero no tiene nada que oponer a la admisión de una condición inteligible empíricamente incondicionada que, al no ser un miembro de la serie de los fenómenos, no produce ningún corte en el regreso continuo en la serie de las condiciones empíricas. De este modo, en la medida en que desaparecen los argumentos dialécticos que, de una u otra forma, buscan una totalidad incondicionada en los simples fenómenos, las proposiciones de la razón, una vez corregidas en este sentido, pueden en cambio ser ambas verdaderas; esto nunca puede ocurrir en las ideas cosmológicas, que se refieren sólo a una unidad matemáticamente incondicionada, porque en ellas no se encuentra ninguna condición de la serie de los fenómenos, dado que la misma es también un fenómeno y como tal constituye un miembro de la serie. Cfr. *Proleg.*, § 50-54, 223-243. (Ak., IV, 338-348).

objeto en general. Sabemos que la matemática es la única ciencia capaz de realizar demostraciones en virtud de su certeza intuitiva; las proposiciones trascendentales, sin embargo, no pueden surgir por construcción de conceptos sino sólo mediante conceptos *a priori*. El hilo conductor del conocimiento trascendental que permite el paso de la intuición al concepto es la experiencia posible, todo conocimiento discursivo que no la siga será dogmático:

La prueba, en efecto, no muestra que el concepto dado (por ejemplo, el de lo que sucede) nos conduzca directamente a otro concepto (el de una causa); puesto que semejante tránsito sería un salto, que resultaría imposible justificar; sino que muestra que la misma experiencia y, por tanto, el objeto de la experiencia, sería imposible sin tal conexión.¹²⁶

Por consiguiente será el principio supremo de los juicios sintéticos el que fundamente también los principios del entendimiento puro. Los principios del entendimiento puro son posibles por aquello que ellos mismos deben posibilitar, la experiencia. Así pues, Kant construye conscientemente las demostraciones trascendentales de estos principios de un modo circular:

Los principios expresan en el fondo, sólo y siempre el principio supremo, pero de tal manera que nombran expresamente en su copertenencia todo lo que pertenece al pleno contenido de la esencia de la experiencia y de la esencia de un objeto.¹²⁷

Pese a sus nombres no son principios pertenecientes a la matemática los unos, ni principios de la dinámica como disciplina de la física los otros, sino que son los principios del entendimiento puro que, en cuanto primeros principios metafísicos (ontológicos), están a la base de todos aquellos principios (tanto de la matemática como de la dinámica) y los hacen posibles. Se trata, pues, de los principios del entendimiento puro en relación con la forma de la sensibilidad, es decir, con el tiempo. Por consiguiente, estos principios diseñan la significación apriorística de la objetividad de los objetos a través de la determinación de los distintos aspectos del tiempo: *serie, contenido, orden y conjunto del tiempo; en relación todos ellos con la totalidad de los objetos posibles*. Los axiomas de la intuición determinan la *serie* del tiempo y hacen representable la producción (esto es, la síntesis) del tiempo mismo en la aprehensión sucesiva de un objeto. Las anticipaciones de la percepción determinan el *contenido* del tiempo y hacen representable la síntesis de la sensación

¹²⁶ *KrV.*, A 783/B 811.

¹²⁷ Cfr. Heidegger, M., *La pregunta por la cosa*, Alfa Argentina, Buenos Aires, 1975, pte. II, punto 7-h. p. 211.

(percepción) con la representación del tiempo, es decir, hacen posible el hecho de llenar el tiempo. Las analogías de la experiencia determinan el *orden* del tiempo y hacen, pues, representable la relación de las percepciones entre sí en todo tiempo, esto es, de acuerdo con una regla de determinación temporal. Finalmente, los postulados del pensamiento empírico determinan el *conjunto* del tiempo y, por ello, hacen representable el tiempo mismo como correlato de la determinación de un objeto, que establece si dicho objeto pertenece al tiempo y, si es así, de qué manera.

Por eso sirven para cualquier determinación (estructura) del espacio. Eso, unido a que sólo atiendan *al esquema*, hace que podamos manejarlos aun cuando nos falte la intuición euclídea, es decir, su imagen. Tal cosa es posible gracias a lo hemos denominado *intuición intrateórica o esquemática*.

XI.2. Formas intuitivo-perceptivas.¹²⁸

En este apartado vemos los llamados *principios matemáticos*, los cuales permiten aplicar las categorías de la cantidad y de la cualidad, por eso fundamentan la posibilidad de aplicar las matemáticas a los fenómenos. Estos principios determinan la apariencia intuitiva del fenómeno, solamente se refieren a la forma de los fenómenos; rigiendo así la experiencia posible, en tanto que en ella toman parte las condiciones *a priori* de la intuición, que son enteramente necesarias. Su carácter es constitutivo y apodíctico.

El enlace (*conjunctio*) matemático rige la composición (*compositio*) o síntesis de lo múltiple que no se copertenece necesariamente. Es una síntesis de lo homogéneo. Es decir, realizan una síntesis de elementos homogéneos entre los que no hay un enlace necesario sino arbitrario. Es de dos tipos:

- *Síntesis de agregación*: Se dirige a las magnitudes extensivas.
- *Síntesis de coalición*: Se dirige a las magnitudes intensivas.¹²⁹

¹²⁸ Acerca de la interconexión entre los diferentes principios del entendimiento en orden al establecimiento de las características necesarias que debe cumplir todo objeto, ver: López Molina, A. M., "Principios matemáticos y objeto de conocimiento según Kant" *Praxis filosófica*, 19, Universidad del Valle, Julio-Diciembre de 2004, pp. 41-64.

¹²⁹ Cfr. *KrV.*, B 201-202 n.

Al referirse a objetos de la intuición (pura y empírica), estos principios afectan a la unidad de la síntesis de elementos homogéneos entre los que no hay un enlace necesario, sino arbitrario.

En virtud de estos principios la aplicación de las matemáticas a las cosas no es meramente aproximada sino exacta. Del principio de los axiomas de la intuición dice Kant lo siguiente:

Este principio trascendental de la matemática de los fenómenos amplía notablemente nuestro conocimiento *a priori*. En efecto, sólo él permite aplicar la matemática pura, con toda su precisión, a los objetos de la experiencia, lo cual no resultaría claro por sí mismo si prescindieramos de él.¹³⁰

Tenemos que considerar a los objetos no euclidianos también como fenómenos que constituyen el material de la experiencia externa. Aunque sea una experiencia que no es captable por los sentidos tenemos que poder saber de ella indirectamente, para que así pueda formar parte de la experiencia posible:

Así pues, aunque conocemos *a priori* en los juicios sintéticos muchas cosas acerca del espacio en general o de las figuras que en él diseña la imaginación productiva (de modo que, realmente, no nos hace falta en este sentido ninguna experiencia), si no tuviésemos que considerar el espacio como condición de los fenómenos que constituyen la materia de la experiencia externa tal conocimiento sólo equivaldría a entretenernos con un mero fantasma. En consecuencia, dichos juicios sintéticos *a priori* se refieren, aunque sólo mediatamente, a la experiencia posible, o más bien, a la misma posibilidad de la experiencia, y la validez objetiva de su síntesis se basa únicamente en tal referencia.¹³¹

La posibilidad lógica no es suficiente, tiene que darse además una síntesis *a priori* que constituya el campo mismo de la objetividad.¹³²

Kant entiende que la mecánica es una ciencia exacta, los cuerpos, por ejemplo los planetas, se mueven exactamente según sus leyes. Estos principio aseguran la realidad objetiva de las matemáticas que las ciencias expresan, y sólo gracias a ellos merecen tal nombre.¹³³

¹³⁰ *Ibíd.*, A 165/B 206. Cfr. *Proleg.* Observación I al § 13, 95-99 (Ak., IV, 287-288).

¹³¹ *KrV.*, A 157/B 196.

¹³² Recordemos lo dicho por Kant en el pról. a los *Principios metafísicos de la ciencia natural*, (Ak., IV, 470). *Vid.*, supra, pte. VI.1.

¹³³ Cfr. *MANW.*, 7 (Ak., IV, 470); cit. en supra, 147 nota 151.

XI.2.1. Sueños y alucinaciones.

Los principios matemáticos hacen referencia a lo temporal (incluido el espacio) de la experiencia posible:

En el fenómeno, denomino a aquello que corresponde a la sensación, la materia del mismo, y a aquello que hace que lo múltiple del fenómeno pueda ser ordenado en determinadas relaciones, lo llamo forma del fenómeno.¹³⁴

No se preocupan del contenido empírico de los fenómenos, de la materia, sino de la estructura cuantificable de la forma del fenómeno. No son principios de la matemática, sino que justifican la aplicación de ésta a los fenómenos. Se refieren a los fenómenos según su mera posibilidad y están encaminados a enseñar la manera en que los fenómenos pueden ser producidos, tanto en lo que se refiere a su intuición, como en lo que afecta a lo real de su percepción, siguiendo las reglas de una síntesis matemática o de lo homogéneo. Por eso, estos principios poseen carácter constitutivo en relación con los objetos de la experiencia, porque incumben solamente a la simple posibilidad y no a la realidad efectiva de los fenómenos.¹³⁵ Son las reglas trascendentales formales de la experiencia posible. Por eso los fenómenos pueden ser constituidos *a priori* por el entendimiento humano, ya que al moverse en el ámbito formal de la experiencia se puede representar la intuición *a priori* (pura) que corresponde al concepto puro, haciendo así posible la síntesis matemática que produce el fenómeno de acuerdo con su posibilidad.¹³⁶

Esto explica que podamos entender los fenómenos que se dan en una geometría no euclídea. La intuición pura de esta geometría responde a una estructura proporcionada por el entendimiento que se ocupa de una intuición en general. No se actualiza en cada percepción efectiva, pero es posible gracias al esquema de los conceptos puros. La categoría como regla de enlace de toda intuición posible nos viene posibilitada por su condición sensible o esquema. El esquema sustituye a la imagen intuitiva proporcionando la condición sensible a las estructuras (o síntesis)

¹³⁴ *KrV.*, A 20/B 34.

¹³⁵ La posibilidad se define en Kant como la concordancia con las condiciones formales de la experiencia: intuición pura y conceptos puros; por ello, los fenómenos, en lo relativo a su mera posibilidad, pueden ser contruidos *a priori* por el entendimiento humano, ya que, al moverse en el ámbito formal de la experiencia, se puede representar la intuición pura que corresponde al concepto puro, haciéndose así posible la síntesis matemática que produce el fenómeno de acuerdo con su posibilidad.

¹³⁶ Cfr. *KrV.*, A 713/B 741-A 716/B 744.

no euclídeas del espacio-tiempo como forma de la intuición. Por eso llamamos a esa “intuición pura” no euclídea intuición intrateórica y al esquema que la posibilita esquema espacial.

La neutralidad de los principios matemáticos respecto de la existencia de los objetos que ellos determinan, podría hacer que sirvieran para las alucinaciones y los sueños. De hecho, los objetos soñados se distinguen unos de otros por su intensidad y su tamaño. Sin embargo, su magnitud nunca podrá ser determinada. Incluso, la imposibilidad de efectuar mediciones de una apariencia sensorial dada, puede tomarse como un buen criterio para decidir si se trata de un sueño o alucinación, o no:

La verdad empírica (*empirische Wahrheit*) de los fenómenos queda suficientemente garantizada en el espacio y en el tiempo, así como suficientemente distinguida del parentesco con el sueño, en el caso de que la realidad y el sueño se hallen verdadera y completamente entrelazados en una experiencia según leyes empíricas.¹³⁷

Los principios matemáticos solamente determinan objetos existentes porque sólo se pueden medir con objetos existentes. Si sólo existe lo que se puede medir, los principios dinámicos (en especial las analogías de la experiencia) tendrían que envolver todo el proceso de medición, a saber, el objeto medido, el instrumento de medida y la interacción entre ambos. Resulta pues, que aunque los principios matemáticos sean en abstracto aplicables a las apariencias sensoriales, independientemente de que existan los objetos de dichas experiencias, la aplicación concreta de esos principios, según se traduce en la medición efectiva de esos objetos, supone que estos existen, porque tal medición lleva aparejada la determinación de sus objetos mediante las analogías de la experiencia, ya que son los principios que determinan las existencias.

Los objetos no euclidianos son los objetos que están en el espacio no euclídeo, consiguientemente los aparatos que los miden también son no euclidianos si se encuentran en el mismo espacio, por tanto, las medidas relativas no varían aunque sí sus medidas respecto de otro sistema afectado por otras condiciones. La teoría general de la relatividad sólo tiene en cuenta las variaciones en las medidas provocadas por un espacio-tiempo no euclídeo (que se genera en un campo F), este

¹³⁷ *KrV.*, A 492/B 520-521; cfr. *Ic.*, A 491/B 519; A 222-223/B 269-270; A 451/B 479; A 780/B 808.

espacio se puede experimentar tanto subjetivamente (empíricamente) como *a priori*, es decir, como experiencia posible.

XI.2.2. Principios pre-geométricos. (Axiomas de la intuición).

El principio de los axiomas de la intuición rige la aplicabilidad de los axiomas de la geometría al espacio físico. Según la primera edición de la *Crítica de la razón pura* el principio se formula así:

Todos los fenómenos son, en virtud de su intuición, magnitudes extensivas.¹³⁸

En la segunda edición encontramos esta formulación:

Su principio es: todas las intuiciones son magnitudes extensivas.¹³⁹

La idea recogida en este principio radica en que todos los fenómenos son espaciales y temporales, lo cual significa que incluyen la representación de un trozo de espacio y un lapso de tiempo. Debido a eso sólo pueden ser aprehendidos mediante la síntesis de lo múltiple requerida para engendrar la representación de un espacio y un tiempo determinado. Esta síntesis es una composición de lo homogéneo, es decir, envuelve una conciencia de la unidad sintética de lo homogéneo.

Axiomas solamente puede haber en las matemáticas. Todos los axiomas son, pues, de la intuición, ya que solamente en ella puede haber principios sintéticos e inmediatamente ciertos. Este principio no es, por tanto, un axioma, sino que indica la condición de posibilidad de los axiomas en general:

En la *Analítica*, con ocasión de la tabla de los principios del entendimiento puro, he mencionado también ciertos axiomas de la intuición; pero el principio allí introducido no era por sí mismo ningún axioma, sino que servía para indicar el principio (*Principium*) de la posibilidad de los axiomas en general, y por sí mismo era sólo un principio (*Grundsatz*) formado de conceptos.¹⁴⁰

Dado que todas las intuiciones son magnitudes, es posible captar en su evidencia inmediata a los axiomas de la geometría euclidiana, siendo tal evidencia mediata para las geometrías no euclídeas. Una magnitud (*quantum*) expresa la

¹³⁸ *Ibíd.*, A 162.

¹³⁹ *Ibíd.*, B 202.

¹⁴⁰ *Ibíd.*, A 733/B 761.

conciencia de la unidad sintética de lo homogéneo en una intuición intrateórica o esquema. Kant llama magnitud extensa aquella en que las partes preceden al todo.¹⁴¹

Ahora bien, si la percepción de una magnitud sensible depende de la síntesis previa de todas sus partes constitutivas, tal percepción nunca podría tener lugar, nunca llegaríamos a formar el todo. Ante este problema Kant dice que:

Un *quantum* indeterminado puede ser intuido como un todo si está confinado entre límites, de modo que no necesitemos construir su totalidad con una medición, es decir, mediante una sucesiva síntesis de sus partes. En efecto, los límites señalan por sí mismos su completud al trazar una división entre el todo y lo demás.¹⁴²

Tendremos, por tanto, que tomar las magnitudes extensas como encerradas entre límites, recomponiendo el todo mediante la adición sucesiva de sus partes tomadas como unidad. Esta unidad no es medida a su vez, sino que se la acepta como una magnitud indeterminada encerrada entre límites, es decir, como unidad de medida.¹⁴³ De esta manera, podemos definir la unidad de medida como aquella magnitud indeterminada encerrada entre límites que permite componer un todo mayor sin tener que sintetizar previamente todas sus partes constitutivas, lo cual es imposible ya que son infinitas.¹⁴⁴

El principio sólo se comprende satisfactoriamente mediante su prueba. Ésta pone de manifiesto que el principio surge de la aplicación de las categorías de la cantidad a los fenómenos, bajo la condición sensible expresada por el esquema correspondiente a la cantidad, es decir, el número.

El número es el esquema puro de la magnitud (*quanta*). Las tres nociones de la cantidad son:

- *Unidad*: Hace referencia a la unidad de medida (*quantitas*), es una síntesis inacabada o magnitud indeterminada limitada.
- *Pluralidad*: Repetición de la síntesis inacabada de la unidad, es decir, la cantidad (*quantitates*).

¹⁴¹ Cfr. *ibíd.*, A 162/B 203.

¹⁴² *Ibíd.*, A 428 n./B 456 n.

¹⁴³ Esta es la única manera de poder medir un objeto sin caer las paradojas de Zenón.

¹⁴⁴ En Mecánica cuántica existe una unidad mínima de energía, el cuanto, cuyo valor es el de la constante de Planck (h). $h = 6,624 \cdot 10^{-34}$ joule \cdot s o bien $h = 6,55 \cdot 10^{-27}$ ergio \cdot s. *Vid. inf.*, 315 nota 174.

- *Totalidad*: El todo (*totum*), pluralidad considerada como unidad. Pluralidad llevada a su término.

A las tres categorías de la cantidad corresponde el mismo esquema porque el número sólo es pensable con ayuda de las tres nociones de la cantidad. La producción de las magnitudes extensivas requiere un comienzo, una repetición y la consideración de la pluralidad considerada a su vez como unidad. El número es la determinación trascendental del tiempo como serie:

El número no es más que la unidad de la síntesis de lo múltiple de una intuición homogénea en general, unidad que se debe a que yo produzco el tiempo mismo en la aprehensión de la intuición.¹⁴⁵

El número se da en la intuición en general, es decir, en la intuición pura del tiempo, no en la intuición pura del espacio la cual ya la supone, y tampoco se da en la intuición empírica, sino que ésta tiene que cumplirla. La determinación categorial de la intuición pura expresada en el número como esquema de la cantidad, establece la distinción entre la magnitud como *quantum* y la magnitud como *quantitas*, distinción fundamental para comprender el principio de los axiomas de la intuición.

Quantum y quantitas.

La magnitud como *quantum*, como lo medible o mensurable, es la intuición pura, ya sea la intuición pura del espacio, que es la imagen pura de todos los objetos del sentido externo; ya sea la intuición pura del tiempo, que es la imagen pura de todos los objetos sensibles en general.

Como ya dijimos, el espacio es la modalidad simultánea del tiempo, teniendo éste otra modalidad estrictamente temporal, la sucesión.¹⁴⁶

- Aspectos del tiempo: serie, contenido, orden y conjunto.
- Modalidades: sucesión y simultaneidad.
- Relación de los fenómenos con el tiempo: Permanencia, sucesión y simultaneidad.

¹⁴⁵ *Ibíd.*, A 143/B 182.

¹⁴⁶ *Vid.*, *supra*, 78-79 y notas 147 y 148, v. t. pte. IX.3.1.

- Relaciones temporales que se pueden dar entre los fenómenos (relaciones de los fenómenos entre sí): Sucesión y simultaneidad.

Entendemos, pues, que el espacio es aquella modalidad del tiempo que toma a la intuición pura o a la intuición intrateórica como simultánea. El esquema espacial es, por tanto, un esquema temporal simultáneo.

Definamos los conceptos *quantum* y *quantitas*:

Quantitas (quantitas phaenomenon): El número, es decir, el esquema puro de las categorías de la cantidad. Constituye una representación que sintetiza la adición sucesiva de unidades homogéneas. Cuantificación o medición.

El *quantum* es lo cuantificable, el sustrato de la cuantificación o medición (*quantitas*). La magnitud como *quantum* es siempre un continuo, en el que el todo es anterior a las partes (magnitud continua), no es un *compositum*, sino un *totum*. Solamente sobre la base de la magnitud continua, puede surgir la magnitud como *quantitas* mediante la posterior división y composición o síntesis de esa magnitud cuantificable continua.

El espacio y el tiempo, en cuanto formas de la intuición son esas magnitudes continuas e infinitas, es decir, sin unificar (de lo infinito no hay intuición). Las intuiciones puras son magnitudes, continuas y finitas, es decir, unificadas:

Espacio y tiempo son *quanta continua* por el hecho de que no puede darse ninguna parte suya que no esté comprendida entre unos límites (puntos e instantes) y que, consiguientemente, no constituya, a su vez, un espacio o un tiempo. El espacio sólo se compone, pues, de espacios y el tiempo, de tiempos. Puntos e instantes no son más que límites, esto es, posiciones que limitan espacio y tiempo. Pero las posiciones presuponen siempre las intuiciones a limitar o a determinar, siendo imposible componer el espacio y el tiempo a partir de meras posiciones en cuanto componentes que pudieran darse con anterioridad al espacio o al tiempo.¹⁴⁷

Por consiguiente, el espacio y el tiempo como formas de la intuición son el todo que es limitado o determinado por la síntesis de la imaginación productiva, la cual representa un progreso temporal.¹⁴⁸ Dicho de otro modo, las intuiciones puras limitan o determinan a la forma pura, al todo infinito y continuo, dando lugar a las posiciones (puntos, instantes, límites), permitiendo así la medida, es decir, el número (*quantitas*). Según se determine la forma de la intuición tendremos unas propiedades u

¹⁴⁷ *Ibíd.*, A 169-170/B 211.

¹⁴⁸ *L. c.*, A 170/B 211.

otras de medida (una u otra métrica) y, por tanto, generaremos un espacio u otro, pero ese es otro asunto, ya que aquí *limitación* solamente significa coger un trozo del continuo, que es a su vez continuo pero limitado.

Por intuición pura debemos entender aquello que permite estructurar al todo y tratarlo como *compositum*, divide en muchos espacios y tiempos el todo espacio-temporal, permitiendo así que se den puntos e instantes (posiciones de su limitación o estructura), haciendo posible el número y la medida. Como en las geometrías no euclidianas no podemos hablar de intuición pura del espacio, sustituimos este término por el de *intuición intrateórica*, la cual carece de imagen, pero no de esquema estructurador del espacio.

El espacio y el tiempo como formas puras son un continuo sin estructura, las intuiciones puras son limitaciones ideales en ese continuo, le dan estructura. La estructura del espacio es la intuición pura, la intuición pura es la imagen sin intuición empírica de las formas de los objetos. En lo que coinciden la forma pura (potencialidad, posibilidad de recibir estructuras) de las diferentes geometrías es en que son magnitudes infinitas y continuas. En lo que no coinciden es en las intuiciones. En el caso de la geometría euclídea se dan intuiciones puras, en el caso de las geometrías no euclídeas se dan esquemas sin imagen. Tienen una condición sensible, pero no intuitiva, por eso las llamamos intuiciones intrateóricas, ya que son algo que se puede manejar matemáticamente, pero que no pueden ser directamente percibidas por el ser humano. Lo que se ajusta a la estructura de las intuiciones puras, posibilitada por las formas puras, son las intuiciones empíricas, pudiendo ser éstas indicios de fenómenos sometidos a otra métrica.

La estructura del espacio no es un concepto que pueda comprenderse como la regla de una síntesis sucesiva que vaya de unidad en unidad. Ese requisito es intuitivo y no conceptual, sólo lo pueden cumplir las formas de la intuición. El espacio y el tiempo designan una totalidad con relación a la cual pensamos todo concepto de magnitud discreta como una limitación de ella.

Espacio y tiempo, como magnitudes continuas (*quanta*), carecen de magnitud en el sentido de tener tales o cuales medidas; son más bien los que hacen posible la magnitud en este último sentido, es decir, la magnitud como *quantitas*. Si hay

cantidades (*quantitates*) es porque hay algo cuantificable (*quantum*). Así pues, si los fenómenos son magnitudes extensivas, es decir, si tienen una determinada medida o tamaño, ello se debe a su carácter espacial y temporal.

Según lo dicho podemos definir estos términos de la siguiente manera:

- *Quantum* o *quanta continua*: Un todo (un trozo, una cantidad), lo que posibilita la medida.
- *Formas puras*: Posibilita la medida porque proporciona la forma del continuo. Es la idea de infinito aplicada al espacio y al tiempo.
- *Intuiciones puras*: Unidad del concepto de *quanta continua*, permite la medida porque acota un trozo, forma todos limitados. Limitación llevada a cabo por la síntesis de la imaginación productiva que limita el todo (formas puras). No son magnitudes discretas sino continuas, es decir, un continuo estructurado limitado, un trozo del continuo. No son otros espacios o tiempos, sino partes de un espacio y un tiempo infinitos.
- *Intuiciones intrateóricas*: La función de éstas es la misma que la de la intuición pura, pero careciendo de imagen, sustentándose tan sólo en un esquema espacial.
- *Quantitas*: Medida posibilitada por el espacio y el tiempo como intuiciones puras. Es una magnitud extensiva discreta (si se toma como unidad de medida), en ella las partes preceden al todo.
- *Quanta continua como intuiciones puras*: Son un todo (*quantum*) infinitamente dividido (continuo estructurado) dentro del todo que da la forma (forma pura).
- *Espacio y tiempo como formas puras*: Quanta continua sin unificar. El todo infinito y continuo (del que no tenemos intuición) que da la forma de los fenómenos. La forma es la estructura infinita y continua (aunque sin acotar).

La síntesis pura de la imaginación es la que da estructura a las multiplicidades infinitas y continuas (formas puras). Las formas puras ya tienen una estructura infinita y continua (formas puras de la sensibilidad), por eso son formas. La intuición pura es necesaria para la geometría porque necesita una estructura cuantificable en acto, no sólo en potencia, es decir, que se aplique a los fenómenos externos (los que actualizan a las intuiciones puras).

Las forma pura en su aspecto simultáneo puede tener varias estructuras, estas estructuras vienen dadas por los esquemas espaciales, tenemos, pues, dos tipos de esquemas para este cometido:

- Esquemas que son susceptibles de imagen (intuiciones puras), dan lugar a la *geometría euclídea*.
- Esquemas que no son susceptibles de imagen o esquemas espaciales (intuiciones intrateóricas), se trata de aquellos monogramas o patrones de la sensibilidad (no de lo sensible) tanto espaciales como temporales que dan lugar a las *geometrías no euclidianas*.

Los esquemas son reglas que permiten constituir objetos, pero no tiene por qué proporcionar imagen de ellos, es decir, dan pautas para ser aplicadas a lo sensible.

La posible confusión del *quantum* y de éste con la *quantitas* viene de que todo es magnitud:

- *Quantum*:
 - Magnitud continua infinita (formas puras).
 - Magnitud continua determinada (intuición pura). Lo medido o mensurable.
- *Quantitas*:
 - Magnitud que compone la diversidad homogénea mediante unidades. La unidad de medida.
 - Magnitud resultante de medir una cosa como acto de agregar una unidad a otra. La medida.

Si preguntamos por la longitud de algo, preguntamos por su *quantitas*. El resultado de medir es el acto de agregar una unidad a otra. Aquí la representación de las partes es necesariamente anterior a la representación del todo, puesto que la hace posible. La magnitud extensiva es el resultado de la producción del tiempo mismo en la aprehensión sucesiva de un objeto en la intuición.

La prueba trascendental del principio de los axiomas de la intuición demuestra que es la estructura misma de la intuición pura del tiempo y del espacio esquematizado, del espacio y del tiempo como *quanta continua* limitadas, la que

posibilita la aplicación de las categorías de la cantidad a los fenómenos, aplicación que hace de éstos magnitudes extensivas, es decir, objetos de una determinada figura, tamaño y dimensiones:

Dado que o bien el espacio o bien el tiempo constituyen la mera intuición de todos los fenómenos, todo fenómeno en cuanto intuición es una magnitud extensiva, en la medida en que sólo podemos conocerlo en la aprehensión mediante una síntesis sucesiva (de una parte a otra parte). De acuerdo con esto, todos los fenómenos son intuitos ya como agregados (conjunto de partes dadas previamente).¹⁴⁹

Tomados matemáticamente (en cuanto intuiciones, en cuanto espacial y temporal, en cuanto a la forma) los fenómenos son magnitudes extensivas. Los fenómenos son espacios delimitados de los *quanta continua*, es decir del espacio y el tiempo.

La “intuición pura” de un “objeto” no euclidiano no es una intuición, sino el esquema del objeto. No podemos intuirlo, es decir, representárnoslo, pero si podemos aprehenderlo mediante una *síntesis sucesiva*. De él tenemos algo así como una intuición (intrateórica o esquemática) pero no podemos formarnos su imagen. Por eso no podemos llamar en rigor intuición a esa (cuasi)representación que de él tenemos. Sin embargo, sabemos a qué nos referimos cuando pensamos en la forma de un “objeto” no euclídeo, podemos manejarlo y definirlo matemáticamente, medirlo. Tenemos su regla de construcción sensible, lo construimos y lo encontramos en el mundo, pero no tenemos intuición de él, ni pura ni empírica. Aunque percibamos un objeto cualquiera que esté inmerso en un espacio no euclídeo lo percibimos euclídeamente. De un objeto no euclídeo sólo tenemos su esquema, el cual permite tener de él una “(cuasi)intuición” (generada en la imaginación productiva) aunque sea como reconstrucción euclidiana del esquema del objeto. El esquema nos proporciona dos cosas: 1) el tratamiento matemático del objeto; 2) una (cuasi)imagen (intuición, representación) del objeto en su reconstrucción euclidiana.

La producción de un espacio o un tiempo determinados se verifica a través de una síntesis de la diversidad homogénea que integra la magnitud continua. La intuición pura procede de sintetizar las formas puras. La intuición pura de un objeto es la intuición pura del espacio y el tiempo que lo genera, por eso todo fenómeno se adapta a él actualizándolo. Únicamente podemos tomar conciencia de un fenómeno,

¹⁴⁹ *Ibíd.*, 163/B 203-204.

en la medida en que el espacio y el tiempo se descomponen en unidades homogéneas y, a partir de ellas, se compone una magnitud, que representa la figura espacial y temporal (la medida o tamaño) de un cierto fenómeno. No olvidemos que el todo ha de preceder a las partes.¹⁵⁰ Las unidades homogéneas son la figura espacial y temporal (intuición pura), a partir de ellas podemos descomponer en unidades la figura espacial permitiendo así aprehenderla y luego medirla.

La aprehensión del fenómeno se realiza, pues, por medio de la unificación de lo homogéneo y por medio de la conciencia de la unidad sintética de la multiplicidad homogénea.¹⁵¹ La aprehensión requiere la intuición pura como conciencia de la unidad sintética de la multiplicidad homogénea y la unidad de medida, posibilitada por ésta, que unifica lo homogéneo. Lo homogéneo es una composición de muchas cosas iguales en una, es una multiplicidad sin diferencias. Lo homogéneo es, pues la unidad de medida. La unidad de esta multiplicidad es siempre una cantidad en general, y la unidad de una multiplicidad en general es un concepto puro del entendimiento. Cuando este concepto puro del entendimiento (la categoría de *unidad*), se aplica como regla unificadora a algo cuantificable, a un *quantum* en general, surge el concepto de una cantidad (*quantitas*). Este concepto de una cantidad determinada hace que la multiplicidad homogénea del espacio y del tiempo se estructure en algo unificado, que posibilita la representación de un cierto objeto. Luego, es la categoría (que unifica el *quantum* como forma pura) la que da lugar a la intuición pura (mediante la síntesis figurada) y ésta posibilita la representación (intuición) empírica:

Así, pues, sólo podemos percibir un objeto como fenómeno en virtud de esa misma unidad sintética de lo múltiple de la intuición sensible dada, por medio de la cual pensamos en el concepto de una magnitud la unidad de la composición de la multiplicidad homogénea; es decir, todos los fenómenos son magnitudes, mas exactamente magnitudes extensivas, porque, en cuanto intuiciones en el espacio o el tiempo, han de ser representados mediante la misma síntesis que determina el espacio y el tiempo en general.¹⁵²

De esta manera se justifica la aplicabilidad de la matemática a los fenómenos. Lo demuestra la prueba de estos principios, la cual muestra que las cosas, fenoménicamente consideradas, están sujetas a las determinaciones de la forma pura de la sensibilidad (intuición pura o intrateórica) establecidas por la geometría.

¹⁵⁰ Cfr. *Ibíd.*, A 428 n/B 456 n.

¹⁵¹ Cfr. *L. c.*, B 203.

¹⁵² *Ídem.*, B 203.

Para nosotros la prueba muestra además que las cosas, en cuanto “fenómenos” no euclidianos, están sujetos necesariamente a las formas puras de la sensibilidad y a la estructura que le confieren los esquemas espaciales puros (determinaciones de las formas puras), los cuales nos permiten estructurarlas de varias maneras dando lugar a las diferentes geometrías. Estas determinaciones de las formas puras no son intuiciones, pues no podemos tener imagen de ellas, pero hacen las veces de la intuición pura de cara a la aplicabilidad de las matemáticas a los objetos no euclidianos y, además, permiten formarnos una pseudo-imagen intuitiva euclídea de ellas.

La clave reside en identificar la síntesis sucesiva en la determinación pura del espacio y el tiempo en general (síntesis figurada de la matemática pura) con la de la aprehensión de los fenómenos según su forma. El principio de la determinación de las magnitudes extensivas de todas las intuiciones constituye el “principio trascendental de la matemática de los fenómenos”, puesto que fundamenta la posibilidad de los conocimientos *apriorísticos*:

Este principio trascendental de la matemática de los fenómenos ofrece una gran ampliación de nuestro conocimiento *a priori*. En efecto, él es el único que hace aplicable la matemática pura con toda su precisión a los objetos de la experiencia, lo cual no resultaría claro por sí mismo sin este principio.¹⁵³

Nosotros diríamos que además hace aplicable la matemática a los objetos de la experiencia (que también es intrateórica), es decir, que aparta la idea de que las geometrías no euclídeas son un “juego analítico” sin referente empírico. Los objetos no euclídeos son objetos de una experiencia intrateórica (que también es experiencia posible) de la cual tenemos (aunque solamente) los esquemas, no las imágenes.

Los esquemas de las categorías nos proporcionan las diferentes estructuras del espacio¹⁵⁴. En esas estructuras se encuadran las reglas de construcción de los objetos expresadas por sus esquemas particulares. Los objetos directamente perceptibles (euclídeos) aportan su multiplicidad de la intuición. Los objetos indirectamente

¹⁵³ *Ibíd.*, 165/B 206.

¹⁵⁴ En la Teoría de la relatividad se da un espacio-tiempo tetradimensional, pero el tiempo jamás es algo reversible; si el tiempo pudiera ser reversible estaríamos fuera de la experiencia posible, de ahí que no se pueda superar la velocidad de la luz. La libertad consiste también en esto, conoceríamos las consecuencias de una determinada acción y podríamos cambiarlas, el acto libre inicia una cadena causal, no es a su vez causa de nada. *Vid.*, *inf.*, 368-369 y *supra*, 293 nota 125.

perceptibles (no euclídeos) aportan su multiplicidad de las determinaciones que de las formas puras hacen los esquemas de las categorías (esquema espacial puro del objeto).

Según esto, tenemos tres tipos de objetos no intuibles:

- “Objetos” nouméricos.
- Objetos no matemáticos: sólo percibidos por el sentido interno de manera subjetivo-individual (objetos temporales, no espacio-temporales).
- Objetos matemáticos de una experiencia intrateórica o de segundo orden, es decir, objetos no euclidianos.

La experiencia intrateórica se refiere a objetos externos (espaciales, espacio-temporales) de los cuales no podemos tener intuición, pero de los que sí podemos tener experiencia mediata. Podemos manejarlos mediante el tratamiento matemático de sus esquemas puros y tener una (cuasi)intuición en virtud de su analogía con los objetos euclidianos (analogía euclídea).

La matemática es aplicable a los fenómenos porque la intuición empírica sólo es posible en virtud de las intuiciones puras del espacio y el tiempo.¹⁵⁵ Como señalamos anteriormente, esta demostración remite al principio supremo de los juicios sintéticos, argumento circular clave de toda filosofía trascendental. Como ya hemos dicho, no tenemos, en rigor, intuición pura de los objetos no euclidianos, pero tenemos su patrón de construcción o esquema que permite determinar su forma particular en las formas puras de la sensibilidad. Tenemos, pues, una “(cuasi)intuición pura” de ellos. Esta “(cuasi) intuición” es también la que permite crearnos una “pseudo-imagen” o (cuasi)intuición sensible euclídiana de ellos.

Los fenómenos que se ajustan a una geometría no euclídea pertenecen a una realidad sensible imaginada (experiencia intrateórica). Esta experiencia intrateórica es enlazable con la experiencia sensible porque ambas comparten las mismas condiciones de posibilidad, es decir, todo el sistema *apriorístico* de la filosofía trascendental. Ciertamente, el álgebra de la experiencia parte de la espontaneidad del entendimiento, pero se enlaza con la sensibilidad en virtud de su aplicación a la experiencia directamente percibida. No hay dos experiencias, pero hay fenómenos que

¹⁵⁵ Cfr. Ídem., *Crítica de la razón pura*, A 165 /B 206.

se perciben directa o indirectamente por los sentidos y fenómenos de los que sólo podemos tener indicios. Además, el manejo de éstos, se realiza mediante el tratamiento diferencial de la geometría euclídea. El conocimiento de los objetos no euclidianos parte de las condiciones de la posibilidad de la experiencia, los cuales regresan a ella de manera indirecta. La totalidad de este proceso la denominamos *álgebra de la experiencia*.

Este primer principio de la ontología *a priori* de la naturaleza establece la primera determinación del ser del objeto, de la objetividad del ente, puesto que asegura que todo aquello que haya de ser objeto de experiencia, susceptible de conocimiento empírico, será una magnitud extensiva, es decir, tendrá carácter matemático.

Según esto, nuestra argumentación puede proceder a la inversa (mediante el método analítico, como en los *Prolegómenos*): el objeto no euclidiano tiene carácter matemático, por eso es objeto de experiencia; es susceptible de conocimiento gracias a su enlace con el conjunto de la experiencia.

XI.2.3. Principios perceptivos.

Pasemos ahora al análisis de las *anticipaciones de la percepción*. Estos principios también son definidos de diferente manera en ambas ediciones de la *Crítica*. En 1781 encontramos que:

El principio que anticipa todas las percepciones en cuanto tales es como sigue: en todos los fenómenos, la sensación –y lo que en ella corresponde a los objetos (*realitas phaenomenon*)– posee una magnitud intensiva, es decir, un grado.¹⁵⁶

En la edición de 1787 Kant nos dice que:

Su principio es: en todos los fenómenos, lo real que es un objeto de la sensación tiene magnitud intensiva, es decir, un grado.¹⁵⁷

La nueva formulación parece sugerir que lo real, que es un objeto de la sensación, se revela inmediatamente en ésta, que el grado de ella es su mismo grado, y que no hace falta, por tanto distinguir entre ambos. Por anticipación entendemos todo aquel conocimiento, en virtud del cual puedo determinar y conocer *a priori* aquello

¹⁵⁶ *Ibíd.*, A 166.

¹⁵⁷ *Ibíd.*, B 207.

que pertenece al conocimiento empírico.¹⁵⁸ La sensación es la materia de toda percepción, lo que no podemos conocer *a priori* en el fenómeno. Sin embargo, las determinaciones espaciales y temporales (figura, tamaño...) representan *a priori* la forma de los fenómenos. Mediante estas determinaciones conocemos *a priori* algo perteneciente al conocimiento empírico. Estamos ante las auténticas anticipaciones de los fenómenos.

Vemos que en las determinaciones espaciales y temporales se dan anticipaciones. ¿Puede suceder lo mismo en la sensación? Parece que no, pero profundicemos un poco más. Supongamos que existe algo cognoscible *a priori* en toda sensación en general.¹⁵⁹ Si este fuera el caso, ese algo cognoscible *a priori* sería una anticipación, pero en sentido excepcional, debido a que resulta enormemente extraño que seamos capaces de anticipar la experiencia en lo relacionado con su materia, es decir, en lo que sólo puede proceder de ella. Pese a todo, Kant dirá que eso sucede y da la prueba de ello.

El argumento de la demostración de este principio descansa en la diferenciación entre la forma y la materia de los fenómenos. No se trata aquí de la materia fáctica, la materia en sentido trascendental es lo determinado por la forma en sentido trascendental.¹⁶⁰ La forma universal de las apariencias sensibles es el tiempo; la materia está dada con la sensación y “llena” la forma. El tránsito de la ausencia a la presencia (lo mismo que de la presencia a la ausencia) de una cierta materia en la estructura formal, de una determinada cualidad sensible en el tiempo, solamente puede concebirse como un tránsito continuo. Toda cualidad empírica revelada en la sensación se presenta en su actualidad indivisa, como el resultado de un proceso continuo (posible) de llenar o vaciar el tiempo. Por eso se puede concebir cada cualidad sensible como un miembro de una serie ordenada, según la intensidad creciente o decreciente de sus elementos, yendo de la ausencia total a la presencia plena y/o viceversa.

¹⁵⁸ Cfr. *Ibíd.*, A 166/B 208.

¹⁵⁹ Cfr. *Ibíd.*, A 167/B 209.

¹⁶⁰ Cfr. *Ibíd.*, A 143/B 182 y A 266/B 322.

Cuando nos encontramos con este principio parecía extraño que pudiéramos anticipar la experiencia en lo relacionado con su materia, es decir, con lo que sólo puede proceder de ella. Kant no fue ajeno a esta perplejidad:

Así pues no es indigna de ser resuelta la cuestión siguiente: ¿cómo puede el entendimiento pronunciarse aquí sintéticamente, *a priori*, sobre fenómenos y aun anticiparlos en lo que es propia y meramente empírico, en lo que toca a la sensación?¹⁶¹

Lo conocido *a priori*, claro está, no es lo individual y propiamente material (no es la materia fáctica, sino la materia trascendental) de esas cualidades. Lo conocido de antemano en la sensación es un rasgo formal común a todas las sensaciones, a saber, que tienen un grado, es decir, un lugar en una serie continua de cualidades afines ordenadas según su intensidad. David Hume también se había percatado de esta particularidad, tomándola como una excepción al principio general del empirismo:

Hay, sin embargo, un fenómeno contradictorio que puede demostrar que no es completamente imposible que algunas ideas se den antes que sus impresiones correspondientes... Pero el caso es tan particular y singular, que resulta de escaso valor para nuestras observaciones y no merece que exclusivamente por él debamos alterar nuestra máxima general.¹⁶²

El principio de las anticipaciones surge de la aplicación de las categorías de la cualidad a los fenómenos bajo la condición sensible expresada por el esquema de la realidad. Las categorías de la cualidad son: realidad, negación y limitación. La categoría de la realidad pone un objeto real como causa de las sensaciones recibidas en la intuición pura, indica un ser (en el tiempo). Paralelamente, la categoría de la negación pone el no-ser de un objeto cuando una sensación no me afecta.¹⁶³ La oposición entre estos dos conceptos, realidad y negación, marca la diferencia en el interior de un mismo tiempo.

No hay espacio o tiempo completamente vacíos.¹⁶⁴ La negación constituye el tiempo como vacío en relación con otra cosa que está ausente. La negación interpreta un fenómeno como índice de la ausencia de otro; no trata del vacío absoluto, sino de la ausencia de un ser (*nihil privativum*), es decir, un concepto de la falta de objeto, como la sombra, el frío, etc.¹⁶⁵ Las negaciones sólo son determinaciones que indican

¹⁶¹ *Ibíd.*, A 175/B 217.

¹⁶² David Hume, *A Treatise of Human Nature*. Selby- Bigge, Oxford, 1888, pp. 5-6.

¹⁶³ Cfr. *KrV.*, A 143/B 182.

¹⁶⁴ Cfr. *Ibíd.*, A 172/B 214.

¹⁶⁵ Cfr. *Ibíd.*, A 291/B 347.

la ausencia de algo en la sustancia¹⁶⁶ (aunque de momento se hace abstracción de la sustancia). Es el mismo tiempo de la realidad pero, en igual de lleno, vacío. No hablamos de un vacío absoluto (idea absurda dentro de la experiencia posible), sino de un vacío relativo a un lleno igualmente relativo. Realidad y negación se explican una respecto de la otra. Por ejemplo, el frío es la ausencia de calor o la sombra la ausencia de luz.

La categoría de limitación marca un *quantum* de realidad, un grado, siendo susceptible de más y de menos. Esta categoría delimita los fenómenos dados mediante el acotamiento de un posible contenido real, en la medida en que determina el punto *cero* como valor límite. El punto *cero* marca el paso de la interpretación afirmativa de un fenómeno a la negativa, la cual puede volver a ser reinterpretada afirmativamente y así sucesivamente hasta llegar al *cero absoluto*. La limitación permite pensar el tránsito de la realidad a la negación como continuo.

Estas tres categorías comparten el mismo esquema: la variación continua de la intensidad, que resulta de la determinación categorial del tiempo en lo relativo a su contenido, dando lugar a la síntesis de la sensación (percepción) con el tiempo, es decir, a la *plenificación (Erfüllung)* del tiempo:

El esquema de una realidad, como cantidad de algo, en la medida en que llena el tiempo, es precisamente esta producción continua y uniforme de tal realidad en el tiempo, en cuanto que se desciende desde la sensación, que tiene un cierto grado, hasta la desaparición de la misma en el tiempo, o bien se asciende desde la negación hasta la magnitud de la misma.¹⁶⁷

Del mismo modo que anteriormente el *número*, en cuanto esquema de las categorías de la cantidad, sólo podía expresarse mediante las tres categorías, ahora la variación continua de la intensidad desde un grado determinado hasta el punto cero como límite extremo, sólo resulta formulable como esquema en virtud de *la acción combinada de todas las categorías de la cualidad*. Estas categorías, mediante el esquema de la realidad, describen la regla que prefigura un fenómeno como sensación, debido a que lo anticipa como magnitud. A partir de esta determinación cualitativa de los fenómenos, se posibilita una cantidad (*quantitas*), en el sentido de la intensidad. De este modo, se garantiza la aplicabilidad del número a la materialidad del fenómeno.

¹⁶⁶ Cfr. *Ibíd.*, A 186/B 229-230.

¹⁶⁷ *Ibíd.*, A 143/B 183.

Así pues, el esquema de la realidad es la variación continua de la intensidad. La intensidad es el grado de un proceso continuo de llenar el tiempo; el grado del tránsito continuo que conduce de la presencia a la ausencia (o viceversa) de una cualidad en general. El momento es el grado de realidad como causa.¹⁶⁸

Como vemos, este principio es perfectamente aplicable a los objetos no euclidianos, porque aunque no tengamos sensación de ellos, sabemos que lo real que le corresponde en el objeto tiene que poder experimentar una variación continua de sus intensidades.

Las anticipaciones de la percepción permiten cuantificar el índice de lo real. Todos los fenómenos, en cuanto objetos de la percepción, poseen, además de las puras determinaciones espaciales y temporales que no pueden ser percibidas en sí mismas, una materia. Esta materia es indicio de algo que existe en el espacio y en el tiempo: es, pues, lo real de la sensación. Tal materia no es más que una representación subjetiva que nos hace ver que estamos siendo afectados por algo, que de momento, es un objeto en general.

Todos los objetos no euclidianos, en cuanto objetos de una sensibilidad intrateórica (o como objetos percibidos indirectamente), tienen que poseer *a priori*, además de las puras determinaciones espacio-temporales, una materia trascendental. Esta materia es índice de algo que tiene que existir en el espacio-tiempo: es, pues, lo real a lo que se refiere el esquema puro del concepto del objeto no euclidiano, el cual manifiesta su realidad cuando nos hacemos conscientes de que podemos valernos de él (de su geometría) para manejar la experiencia. El objeto no euclidiano es un objeto cualquiera sometido a una geometría no euclídea. Por eso tiene que tener las mismas determinaciones *a priori* del objeto en general. Por eso se le puede aplicar los principios del entendimiento puro, es decir, por eso su conocimiento no viene dado por juicios analíticos sino por juicios sintéticos *a priori*, como los juicios de la matemática que configuran su estructura.

¹⁶⁸ “Llamamos momento al grado de realidad como causa; por ejemplo, el momento de la gravedad. Adoptamos este nombre debido a que el grado designa simplemente una magnitud cuya aprehensión no es sucesiva, sino instantánea”. *Ibíd.*, A 168-169/B 210.

Lo anticipable en los fenómenos es lo matemático.¹⁶⁹ La sensación no es una representación objetiva y, por tanto, no hay en ella intuición del espacio ni del tiempo. La sensación como materia, entendida en sentido trascendental como lo determinable en general, es anterior a las formas del espacio y del tiempo. Por eso la sensación es instantánea, se verifica en un instante, no en virtud de síntesis sucesivas. Por eso no va de las partes al todo y por eso lo real en el fenómeno ni tiene ni puede tener magnitud extensiva. De la cualidad sólo podemos conocer *a priori* la cantidad,¹⁷⁰ la *quantitas* de la *qualitas*, pero sabemos que lo real fenoménico tiene que poseer una magnitud gracias a la cual puede ser anticipado. Debido a ello, este principio permite aplicar la matemática a las cualidades sensibles específicas (plétoras).¹⁷¹

Tal magnitud, anterior al despliegue de la sucesión del tiempo y de la coexistencia de las partes del espacio, no puede ser extensiva. Y no lo puede ser porque no se refiere al conjunto formado por adicción, sino que afecta a una realidad cuya intensidad es lo que varía. En ella varía la fuerza con que nos afecta, su grado de influencia sobre el sentido. La intensidad es, pues, la fuerza de afectación, el grado con que nos afecta. Esta variación cuantificable se apoya en la posibilidad de un tránsito continuo desde la plenitud de lo real, objeto de la sensación, hasta el vacío del ámbito espacial y temporal y viceversa:

Ahora bien, lo que en la intuición empírica corresponde a la sensación, es realidad (*realitas phaenomenon*); lo que corresponde a la falta de la misma es negación = 0. Sin embargo, toda sensación es susceptible de una disminución, de modo que puede menguar y desaparecer gradualmente. Así, pues, entre la realidad en el fenómeno y la negación, hay una sucesión continua de múltiples sensaciones intermedias posibles. La diferencia entre ellas es siempre menor que la diferencia entre la sensación dada y el cero o negación absoluta. Es decir: lo real en el fenómeno tiene siempre una magnitud [...] intensiva, esto es, un grado.¹⁷²

Gracias al cálculo infinitesimal conocemos que esto es así.¹⁷³ La realidad se compone de (cuasi)elementos diferenciales.¹⁷⁴

Para Newton el movimiento se aprehende en su continuidad, e insiste en que,

¹⁶⁹ Cfr. *La pregunta por la cosa*. Ed. cit., 65-72.

¹⁷⁰ Cfr. *KrV.*, A 176/B 218.

¹⁷¹ *Vid.*, supra, 17 notas 7, 8 y 9 y 131.

¹⁷² *Ibíd.*, A 168/B 209-210.

¹⁷³ *Vid.*, supra, pte. IV.7.

¹⁷⁴ Posteriormente, en Mecánica cuántica se dirá que estos (cuasi)elementos o cuantos, no son diferenciales ($\lim \rightarrow 0$), sino que tienen un valor mínimo igual a la constante de Planck (h). $h = 6,624 \cdot 10^{-34}$ joule \cdot s o bien $h = 6,55 \cdot 10^{-27}$ ergio \cdot s.

si él habla de “cantidades muy pequeñas”, “evanescentes” o “últimas” ((cuasi)elementos), lo hace por razones de claridad o simplicidad. No obstante se debe entender claramente que estas cantidades no tienen una magnitud determinada, sino que disminuyen sin límite ($\lim \rightarrow 0$):

Estas razones últimas con las que se desvanecen las cantidades no son verdaderamente las razones de cantidades últimas, sino límites hacia los que siempre convergen las razones de cantidades que decrecen sin límite, y a los cuales se aproximan más que por ninguna diferencia dada, pero sin ir más allá ni efectivamente alcanzarlo hasta disminuir infinitamente las cantidades [...]. Así pues, si para que sea más fácilmente entendido en lo sucesivo hablara de cantidades mínimas, evanescentes o últimas, no debe suponerse que quiero decir con ello cantidades de cualquier magnitud determinada, sino aquellas que se conciben disminuyendo siempre sin límite.¹⁷⁵

Kant aprovechó este descubrimiento para solucionar el problema filosófico de la realidad fenoménica, de la que la sensación es indicio, haciéndola susceptible de anticipación matemática:

Toda sensación y, por consiguiente, también toda realidad en el fenómeno, por pequeña que sea, tiene un grado, es decir, una magnitud intensiva, que puede ser siempre disminuida, y entre realidad y negación hay una sucesión continua de posibles realidades y de posibles percepciones más pequeñas. Todo color, por ejemplo el rojo, posee un grado, que, por pequeño que sea, nunca es el más pequeño, y lo mismo acontece en todas partes, con el calor, el momento de la gravedad, etc.¹⁷⁶

Kant identifica a los fenómenos con las fluxiones newtonianas:¹⁷⁷

Teniendo en cuenta que la síntesis (de la imaginación productiva) generadora de esas magnitudes representa un progreso temporal cuya continuidad suele designarse con el término fluir (correr), podemos también calificar tales magnitudes como *fluyentes*.

Todos los fenómenos son, pues, magnitudes continuas, tanto por lo que se refiere a su intuición, en cuanto magnitudes extensivas, como por lo que toca a su mera percepción (sensación y, consiguientemente, realidad), en cuanto magnitudes intensivas.¹⁷⁸

El principio de las anticipaciones constituye *a priori* el objeto en su realidad. Para la correcta comprensión de los principios matemáticos no debemos olvidar que la realidad (*Realität*) no es la existencia (*existentia*). De lo contrario estaríamos diciendo que el entendimiento hace existir las cosas, cosa totalmente imposible. La *realitas* es la *quidditas*, algo que pertenece a la *res*. El sentido más general de realidad (*Realität*) es la cualidad, significa lo que pertenece esencialmente a los fenómenos, el *quale* del

¹⁷⁵ Newton, I., *Principios matemáticos de la filosofía natural y su sistema del mundo*, edición preparada por A. Escotado, editora nacional, Madrid, 1982, pp. 257-259.

¹⁷⁶ *KrV.*, A 169/B 211.

¹⁷⁷ Cfr. *supra*, 103.

¹⁷⁸ *L. c.*, A 170/B 211-212.

objeto, un *quid*. La realidad como *quididad* contesta al *que* y no al *existe*. La magnitud intensiva permite que capturemos esa esencia que elucida la posibilidad de la existencia del fenómeno dado en la sensación.

El problema es, como hemos visto, que si la realidad se fundamenta en la sensación carece de sentido. La solución de Kant es, pues, que sea la magnitud intensiva la que realice el contenido y el objeto de la sensación, pero no la sensación misma. La cualidad de la sensación (color, sabor...) es empírica y no puede ser representada *a priori*. Lo que se anticipa es lo real que corresponde a las sensaciones en general y que no es otra cosa que la síntesis del crecimiento uniforme desde 0 hasta la conciencia empírica dada.¹⁷⁹ Lo que se anticipa, por tanto, no es la sensación misma, el conocimiento efectivo de nuestro conocimiento discursivo, sino la forma en que la sensación atestigua lo real. No es posible anticipar la cualidad específica de un fenómeno concreto, sino sólo que posee una cantidad de cualidad (*quantitas qualitatis*), esto es, alguna magnitud intensiva o grado de intensidad.

Los objetos de la experiencia, porque son espaciales y temporales, poseen magnitud extensiva e intensiva, los objetos no euclidianos también. La magnitud extensiva o intensiva (que es una característica esencial de cada objeto de la experiencia) tiene que pensarse en conexión con la posibilidad misma de tener experiencia de ese objeto, como la ley de la serie de sus presentaciones, que como tal los trasciende a todos, pero no se realiza sino por ellos. De los fenómenos no euclidianos no tenemos experiencia subjetiva (empírica), pero tenemos experiencia objetiva, es decir, su posibilidad. De lo contrario ¿con qué derecho podríamos decir que son algo más que una mera quimera o fantasma? De estos objetos sólo podemos decir algo *a priori*, pero ¿no ocurre esto también en la fundamentación de la experiencia posible de todos los objetos, es decir, en la constitución del objeto en general? Sin embargo de él jamás diríamos que es una pura quimera.

Toda la experiencia es intensiva en el sentido de que su progreso crece uniformemente. La “experiencia intrateórica” es un grado más en ese proceso infinito de constitución de la experiencia.

¹⁷⁹ Cfr. *Ibíd.*, A 176/B 218.

XI.3. Fuerzas y existencia.

Los *principios dinámicos* permiten aplicar al fenómeno las categorías de la relación y de la modalidad. Rigen las condiciones *a priori* de la existencia de objetos de una posible intuición empírica. Su carácter es contingente, pero son necesarios en la medida en que establecen una constitución ineludible en cualquier experiencia, por eso son *regulativos*. Determinan su objeto en cuanto a su posibilidad, ya que se dirigen a la intuición de un fenómeno en general. Constituyen las reglas conforme a las que se explica el fenómeno como objeto de experiencia, esto es, como objeto del conocimiento físico-matemático.

El enlace (*conjunctio*) dinámico rige la conexión (*nexus*) o síntesis de lo múltiple que se copertenece necesariamente. Es una síntesis de lo heterogéneo. Es decir, realizan una síntesis de elementos heterogéneos entre los que no hay un enlace arbitrario sino necesario. Es de dos tipos:

- *Enlace físico*: De los fenómenos entre sí.
- *Enlace metafísico*: Enlace en la facultad cognoscitiva *a priori*.¹⁸⁰

Estos principios se refieren a la existencia de los objetos de la intuición, sea en su relación mutua (analogías de la experiencia), sea en su relación con nuestro entendimiento (postulados del pensar empírico en general). El objeto de experiencia es algo que llena el espacio y como tal es una fuerza que actúa. Las fuerzas que actúan en el espacio son el único medio posible para conocer la existencia de un objeto.¹⁸¹ La existencia de un objeto se determina a partir de la fuerza (*dynamis*):

Estos principios tienen la particularidad de que no se refieren a los fenómenos ni a la síntesis de su intuición empírica, sino simplemente a la *existencia* de tales fenómenos y a la *relación* que guardan entre sí con respecto a esa su existencia.¹⁸²

Kant llama dinámica a esta conexión porque concierne al enlace de la existencia de lo múltiple.¹⁸³ Nuestro entendimiento no puede producir *a priori* la existencia de un fenómeno mediante una síntesis de lo homogéneo de carácter matemático. Tal síntesis sólo puede ser de lo heterogéneo de carácter dinámico, en la

¹⁸⁰ Cfr. *Ibíd.*, B 201-202 n.

¹⁸¹ Cfr. *Ibíd.*, A 265/B 321.

¹⁸² *Ibíd.*, A 178/B 220.

¹⁸³ Cfr. *Ibíd.*, B 201-202 n.

que sus elementos se co-implican. Por eso estos principios se refieren a la relación de la existencia, y sólo podrán suministrar meros principios regulativos.¹⁸⁴ Pese a esto, no conviene olvidar que “en la analítica trascendental hemos distinguido, entre los principios del entendimiento, los *dinámicos* de los *matemáticos*: los primeros son principios meramente reguladores de la *intuición*; los segundos son constitutivos respecto de la misma. No obstante, dichos principios dinámicos son constitutivos en relación con la *experiencia*, puesto que hacen posible *a priori* los *conceptos* sin los cuales no hay experiencia alguna”.¹⁸⁵

En los principios dinámicos se dan dos tipos de reglas: las *analogías de la experiencia* y los *postulados del pensamiento empírico*.

El primer grupo formula reglas que establecen *a priori* la relación y mantienen la existencia de un fenómeno con la de otro u otros. Nada se dice *a priori* de la cantidad o cualidad de estos fenómenos, sólo se habla de lo referente a la relación temporal de ambos fenómenos. Se habla de cómo se encuentran necesariamente enlazados, en su existencia.¹⁸⁶ Los modos de enlace son tres: *permanencia*, *sucesión* y *simultaneidad*.

El segundo grupo formula las reglas que determinan *a priori* la relación que mantiene la representación de un fenómeno con nuestra facultad cognoscitiva, pero que no añaden nada al concepto de dicho fenómeno.

XI.3.1. Relaciones temporales. (Principios de inherencia, causalidad e interacción).

Bajo la denominación de *Analogías de la experiencia* Kant recoge los principios según los cuales todo cambio debe entenderse como una variación en los accidentes de una sustancia que perdura. Todo fenómeno que haga su aparición en el tiempo debe concebirse como la consecuencia necesaria de un fenómeno anterior.

Tradicionalmente se reconocían dos principios: el de *inherencia* y el de *causalidad*; Kant añade a éstos el principio de interacción o comunidad de las

¹⁸⁴ Cfr. *Ibíd.*, A 179/B 221-222.

¹⁸⁵ *Ibíd.*, A 664/B 692, cit. en *supra*, 132 nota 105.

¹⁸⁶ Cfr. *Ibíd.*, A 179/B 222.

sustancias, este principio sirve de base para comprender todos los entes espaciales y temporales en el sistema de la naturaleza. De estos tres principios depende la incorporación de los fenómenos de la experiencia en una sola estructura inteligible, ya que regulan la constitución del objeto, fijan la estructura de su objetividad. Gracias a ellos se puede hacer surgir de las percepciones la unidad de la experiencia.

La posibilidad de la experiencia está implícita en la posibilidad de la conciencia empírica. Kant hace depender la posibilidad de tal conciencia de la unidad trascendental de la apercepción. Esta norma de la unificabilidad de todas las representaciones ante una conciencia autoconsciente única es la fuente de coherencia de la experiencia posible. Como la exigencia de una experiencia posible se encuentra ya en la posibilidad de la conciencia empírica ordinaria, ésta tiene ya el germen para poder organizarse como conciencia científica. La unidad de la apercepción es el fundamento de la validez del principio general de las analogías de la experiencia, el cual se expresa así en 1781: “todos los fenómenos se hallan sometidos *a priori*, en lo que a su existencia se refiere, a las reglas que determinan su relación mutua en un tiempo dado”.¹⁸⁷ En 1787 el principio general dice: “la experiencia sólo es posible mediante la representación de una necesaria conexión de las percepciones”.¹⁸⁸

Dicho principio se funda en la unidad necesaria de la apercepción con respecto a toda conciencia empírica posible en cada tiempo, y por lo tanto, en la unidad sintética de todos los fenómenos conforme a sus relaciones en el tiempo. En la apercepción originaria tiene que unificarse lo múltiple de la conciencia empírica, según sus relaciones temporales. Esto es lo que significa la unidad trascendental *a priori* de la conciencia, a ella se subordina todo cuanto ha de pertenecer a mi conciencia unitaria, y por tanto puede ser objeto para mí:

Esta *unidad sintética* en la relación temporal de todas las percepciones, *relación que se halla determinada a priori*, constituye el principio según el cual todas las determinaciones empíricas temporales deben estar sometidas a las reglas de determinación universal del tiempo. Las analogías de la experiencia, de las que queremos tratar ahora, deben ser tales reglas.¹⁸⁹

¹⁸⁷ *Ibíd.*, A 177.

¹⁸⁸ *Ibíd.*, B 218.

¹⁸⁹ *Ibíd.*, A 177-178/B 220.

Las analogías valen objetivamente porque tiene que ser posible enlazar los fenómenos conforme a reglas universales para determinar sus relaciones en el tiempo. Esta necesidad resulta de:

1. La necesaria unificabilidad de todos los fenómenos en una sola conciencia autoconsciente.
2. La imposibilidad de operar dicha unificación refiriendo simplemente cada fenómeno a nuestra representación unitaria del tiempo mismo.

El tiempo no se percibe y por eso no es posible vincular cada fenómeno con él. Antes bien, solamente el mutuo enlace de los fenómenos con arreglo a las analogías nos procura una conciencia actual del tiempo (lleno); mientras nuestra conciencia virtual del tiempo (puro) es sustentada precisamente por el proyecto o esquema de aplicación de las analogías. La disposición a organizar contenidos sensibles según las relaciones prescritas en las analogías sostendría, según esto, nuestra conciencia objetiva del tiempo; dicha conciencia tiene que ser posible *a priori* en cuanto esa disposición funda y posibilita como tal cada una de las síntesis empíricas efectivas en que se ejerce.

La prueba de cada una de las analogías consiste en exhibir una determinada relación temporal (permanencia, sucesión, simultaneidad) necesaria entre los fenómenos, que se puede establecer de forma objetiva, es decir, compatible con la unidad de la apercepción, enlazándolos con el vínculo categorial que esa analogía prescribe. La categoría respectiva permite determinar objetivamente la relación temporal en cuestión.

Las percepciones, anticipadas por los principios matemáticos, deben estar necesariamente conectadas para que se dé la experiencia como conocimiento empírico, es decir, como conocimiento que determina un objeto a través de percepciones.¹⁹⁰ La existencia sólo puede determinarse como relación de fenómenos. Por eso las analogías dan cuenta de una conexión necesaria entre las percepciones, única vía para determinar *a priori* la existencia de un objeto. De esta manera se puede determinar la existencia de un objeto no euclidiano que afecte a nuestra experiencia

¹⁹⁰ Cfr. *Ibíd.*, B 218.

empírica. La existencia no es determinable inmediatamente como tal, sino sólo como relación de estados fenoménicos entre sí. Las analogías de la experiencia dan cuenta de una conexión entre percepciones que comporta necesidad.¹⁹¹

Kant hará explícita la relación con el tiempo implicada en la analogía y aclarará el papel del concepto en esta conexión. Las percepciones pueden conectarse en una unidad porque pertenecen al tiempo. Esta unidad procede de la aprehensión y no implica necesidad alguna respecto de la existencia de los fenómenos enlazados por ella. Por tal motivo, las percepciones se reúnen en la experiencia sólo contingentemente.¹⁹² Para introducir la necesidad que predica el principio general de las analogías es preciso recurrir a la categoría. Así podremos determinar la existencia de los objetos en el tiempo:

La determinación de la existencia de los objetos en el tiempo sólo puede acontecer gracias a su enlace en el tiempo en general; en consecuencia, sólo en virtud de conceptos que los conecten *a priori*. Así, pues, dado que estos conceptos conllevan siempre necesidad, la experiencia es posible únicamente mediante una representación de la conexión necesaria de las percepciones.¹⁹³

Las analogías se basan, pues, en la unidad categorial del tiempo. El concepto introduce la necesidad que conforma el dato sensible, determinándolo como objeto de la experiencia. De ahí que los principios del entendimiento puro no se refieran a la percepción sino a la totalidad de los objetos del conocimiento, es decir, a la experiencia, fundándose las analogías en la unidad sintética de todos los fenómenos de acuerdo con su relación en el tiempo. Por eso, tenemos que reconocer el concepto como expresión de la unidad de la apercepción trascendental en relación con toda posible percepción en todo tiempo.

La existencia de un fenómeno no puede ser conocida de manera aislada debido a que nuestro entendimiento ni es divino ni alucina constantemente a gran escala; es decir, no puede construir la existencia ni producir las percepciones como intuición empírica en general. Cuando se da una percepción enlazada con otra, de acuerdo con una determinada relación temporal, el entendimiento puede establecer *a priori* de qué modo la última percepción se encuentra conectada con la primera. Podemos

¹⁹¹ No olvidemos que la geometría no euclídea puede explicar mejor ciertos efectos observables en la naturaleza (percepciones), tal y como demuestra la Teoría de la relatividad.

¹⁹² Cfr. *Ibíd.*, B 219.

¹⁹³ *Ídem.*

determinar así la existencia de un fenómeno, pero no podemos decidir *a priori* en que consiste. En tal limitación reside el carácter analógico de estos principios.

Para Kant las analogías son lo siguiente:

Las analogías significan en la filosofía algo muy distinto de lo que representan en las matemáticas. En éstas constituyen fórmulas que expresan la igualdad de dos relaciones cuantitativas y son siempre *constitutivas*; de forma que, dados tres miembros de la proporción, se da también el cuarto, es decir, puedo construirlo. En filosofía, en cambio, la analogía no es la igualdad de dos relaciones *cuantitativas*, sino la de dos relaciones *cualitativas*. Es una igualdad en la que, dados tres miembros, puedo simplemente conocer e indicar *a priori* la *relación* con un cuarto miembro, pero no conocer *este cuarto miembro* directamente. Lo que sí poseo es una regla para buscarlo en la experiencia y una característica para descubrirlo en ella.¹⁹⁴

Las analogías se dividen en matemáticas y filosóficas:

- *Analogías matemáticas*: Establecen una correspondencia entre relaciones cuantitativas construibles como homogéneas. Son constitutivas. Sirva como ejemplo la siguiente relación: $2/4 = 1/X$; $2X/4 = 1$; $X = 4/2$; $X = 2$.
- *Analogías filosóficas*: Establecen relaciones cualitativas entre elementos heterogéneos. El miembro ausente no puede construirse, pero puede ser reconocido gracias a que poseerá una determinada característica establecida por la regla de la analogía.¹⁹⁵

Sólo podemos determinar *a priori*, cómo se halla conectada una percepción con otra percepción dada. Tal conexión se realiza en virtud de los modos del tiempo. La analogía es, por tanto, una relación. Mas no se trata de una relación entre cosas, sino de una relación de relaciones. Más concretamente, la analogía filosófica nos proporciona solamente una indicación, fruto de una relación entre un fenómeno dado y otro que no nos es dado. Tal implicación es la que establece la regla de la analogía correspondiente en cada caso. Estas reglas sirven para encontrar la existencia de algo ausente mediante la relación que guarda con la existencia de lo dado.

El ser humano no puede alcanzar con simples conceptos el conocimiento de la existencia. Sólo puede saber que existen aquellos objetos que se le hacen presentes

¹⁹⁴ *Ibíd.*, A 179-180/B 222.

¹⁹⁵ Recordemos que analogía “no significa, como se entiende ordinariamente la palabra, una semejanza imperfecta entre dos cosas, sino una semejanza perfecta entre dos relaciones completamente desemejantes”. *Proleg.*, § 58, 267 (Ak., IV, 367-358). Kant inserta una nota a esta observación en la que ofrece varios ejemplos.

modificando su receptividad. La existencia objetiva es la conexión con las condiciones materiales de la experiencia, con la *sensación*. La única manera que tiene el entendimiento finito de entrar en contacto con la existencia fenoménica es la sensación. Por eso Kant toma las analogías de la experiencia como principios regulativos.

Las analogías de la experiencia surgen de la aplicación a los fenómenos de las reglas implícitas en las categorías de la relación por medio del esquema trascendental correspondiente, que es la clave de uso de la categoría en su aplicación a los fenómenos:

Mediante estos principios podremos, pues, enlazar los fenómenos con la unidad lógica y universal de los conceptos, pero sólo según una analogía. Por ello estaremos autorizados a servirnos de la categoría en el principio mismo, pero en su realización (en la aplicación a los fenómenos) sustituiremos la categoría por el esquema de ésta como clave de su uso, o más bien lo pondremos, como condición restrictiva, al lado de la categoría con el nombre de fórmula de la misma.¹⁹⁶

Los esquemas trascendentales correspondientes a las categorías de relación son determinaciones trascendentales referidas al orden del tiempo. La existencia de un objeto se manifiesta por su duración. Kant define las analogías de la experiencia como reglas de la determinación universal del tiempo, a las que han de someterse todas las determinaciones temporales empíricas, ya que son sus condiciones de posibilidad.¹⁹⁷

Como el tiempo tiene tres modos (permanencia sucesión y simultaneidad) todo objeto podrá estar en relación con él de tres formas diferentes y, por consiguiente, tres serán las reglas de todas las relaciones temporales de los fenómenos:

- 1) *Primera analogía*: principio de permanencia de la sustancia, de la sustancialidad, de la constancia o de la inherencia.
- 2) *Segunda analogía*: principio de la sucesión temporal según la ley de la causalidad o de la producción.
- 3) *Tercera analogía*: principio de la simultaneidad, según la ley de la acción recíproca, comunidad, interacción o coexistencia.

¹⁹⁶ *KrV.*, A 181/B 224.

¹⁹⁷ Cfr. *Ibíd.*, A 177/B 220.

En estas tres analogías se aprecia con total claridad la conexión entre el sistema de los principios del entendimiento puro y las leyes de la Física newtoniana.¹⁹⁸ Principios éstos que fundamentan las leyes de la naturaleza constituyéndose así como *philosophia prima*.

Principio de inherencia. (Primer modo del tiempo).

Partamos de las formulaciones establecidas por Kant:

Todos los fenómenos contienen lo permanente (sustancia) como el objeto mismo y lo mudable como mera determinación suya, es decir, como un modo según el cual existe el objeto.¹⁹⁹

En todo cambio de los fenómenos permanece la sustancia, y el *quantum* de la misma no aumenta ni disminuye en la naturaleza.²⁰⁰

Solamente en el segundo enunciado se hace referencia explícita a la existencia de una cantidad de sustancia, e interpreta la permanencia de ésta como constancia de dicha cantidad.

Esta primera analogía viene de aplicar a los fenómenos la categoría de sustancia, mediante su correspondiente esquema. La sustancia es una categoría de la *relación*, relaciona subsistencia e inherencia. La sustancia es lo contrario al accidente:

El esquema de la sustancia es la permanencia de lo real en el tiempo, esto es, la representación de tal realidad como sustrato de la determinación empírica temporal en general, sustrato que, por consiguiente, permanece mientras cambia todo lo demás. (No es el tiempo el que pasa, sino que es la existencia de lo transitorio lo que pasa en él. Al tiempo, que es, por su parte, permanente y no transitorio, le corresponde, pues, en el fenómeno lo que posee una existencia inmutable, es decir, la sustancia. Sólo desde ésta podemos determinar temporalmente la sucesión y la simultaneidad de los fenómenos).²⁰¹

La categoría de sustancia dice ser un sustrato, por eso su esquema es la representación de lo permanente en el tiempo. El carácter del tiempo de ser un ahora en cada instante da la imagen pura de un permanecer, que constituye el esquema de la sustancia. El tiempo único, puro, condición formal de toda experiencia no puede percibirse, por eso se requiere un término de referencia que permanezca mientras los fenómenos varían sus relaciones.

¹⁹⁸ Cfr. supra, pte. VI.3.

¹⁹⁹ *Ibíd.*, A 182.

²⁰⁰ *Ibíd.*, B 224.

²⁰¹ *Ibíd.*, A 144/B 183.

Esta sensibilización pura de la categoría de sustancia realizada por su esquema, le procura una imagen pura (la permanencia en el tiempo), que hace que dicha categoría salga de su vacuidad formal y pueda adquirir un contenido objetivo. Kant dice que este principio es el fundamento de toda experiencia. De no ser por la sustancia, no podríamos fijar los términos entre los que establecer las relaciones de sucesión o interacción:

Nuestra *aprehensión* de lo diverso del fenómeno es siempre sucesiva y, consiguientemente, cambiante. Por medio de ella sola nunca podemos, pues, determinar si tal diversidad, en cuanto objeto de la experiencia, es simultánea o sucesiva. Hace falta para ello que la experiencia posea como base algo que *exista siempre*, es decir, algo *durable y permanente* cuyo cambio y coexistencia no sea nada más que otras tantas formas (modos de tiempo), en que existe lo permanente.²⁰²

Sólo el tiempo mismo, en cuanto forma de la experiencia interna, en la que los fenómenos se suceden, permanece. El tiempo es aquello, en relación con lo cual se distinguen la simultaneidad y la sucesión como determinaciones del mismo:

Las relaciones de tiempo sólo son, pues, posibles desde lo permanente (ya que no hay más relaciones de este tipo que las de simultaneidad y las de sucesión); es decir, lo *permanente* es el sustrato de la representación empírica del tiempo mismo.²⁰³

El tiempo no puede ser percibido por sí mismo, percibimos sus determinaciones (fenómeno). El tiempo es el sustrato, la regla para interpretar los fenómenos, lo permanente. Kant denomina sustancia a tal sustrato. Esta determinación del tiempo tiene que estar fuera de mí, dado que es permanente. Por eso tiene que ser también una determinación del espacio:

Para suministrar algo permanente en la intuición que corresponda al concepto de *sustancia* (y mostrar de este modo la realidad objetiva de tal concepto), necesitamos una intuición *en el espacio* (materia), ya que sólo el espacio está determinado de modo permanente, mientras que el tiempo y, por tanto, todo lo que está en el sentido interno, fluye incesantemente.²⁰⁴

Por tanto, la representación de la permanencia es la *materia*. La materia es supuesta *a priori* como condición necesaria de las determinaciones del tiempo;²⁰⁵ *es la sustancia pensada espacialmente*. La materia es el conjunto de los fenómenos considerados como una naturaleza constante según la categoría de sustancia. De esta forma, se sintetiza este principio en virtud de la inclusión de la sustancia en forma de materia en la experiencia posible.

²⁰² *Ibíd.*, A 182/B 225-226.

²⁰³ *Ibíd.*, A 182-183/B 226.

²⁰⁴ *Ibíd.*, B 291.

²⁰⁵ *Cfr. Ibíd.*, B 278.

Ciertamente, sólo la materia del fenómeno es constante ya que los fenómenos varían incesantemente. Si suponemos que lo permanente es la forma espacial caeremos en el atomismo que Kant rechaza, porque los fenómenos así considerados pueden ser tomados como *phaenomena substantiata*, pero no como sustancia en sentido propio.²⁰⁶

Sin embargo, no debemos entender la sustancia como la totalidad de la materia dado que eso es una idea de la razón, el fin de un progreso indefinido. El carácter actual de la sustancia requiere sistemas físicos limitados que nos permitan realizar mediciones (sustancias fenoménicas).²⁰⁷

Kant resolverá la primera antinomia basándose en que los fenómenos forman siempre un sistema abierto, capaz de ampliarse indefinidamente con el progreso de la experiencia. Por eso este principio tiene valor regulativo y no constitutivo, puesto que no permite determinar cuanta sustancia encierra una región del espacio, pero nos da la posibilidad de saber si ha aumentado o si ha disminuido y de donde ha venido o donde se ha ido:

Sobre esta permanencia se funda también la justificación del concepto de *cambio*. Nacer y morir no son cambios de lo que surge o desaparece. El cambio constituye un modo de existir, que sigue al anterior modo de existir del mismo objeto. Por eso, todo lo que cambia es, *permanente*: sólo *cambia su estado*. Como este cambio no afecta más que a las determinaciones que pueden dejar de ser o empezar a ser, podemos, utilizando una expresión aparentemente paradójica, decir lo siguiente: sólo lo permanente (la sustancia) cambia; lo mudable no sufre cambio alguno, sino *modificación* (variación) [*Wechsel*] ya que algunas determinaciones desaparecen y aparecen otras.²⁰⁸

Kant está entendiendo por cambio un cambio no esencial,²⁰⁹ la modificación de las determinaciones de la sustancia que surgen y desaparecen son cambios esenciales de esas determinaciones de la sustancia, la cual es el sustrato de los cambios esenciales, por tanto no experimenta un cambio esencial. Un cambio esencial en la sustancia sería un cambio sustancial e implicaría la destrucción y la creación a partir

²⁰⁶ *Vid.*, supra, 136 y 73.

²⁰⁷ Pese a todo, Kant parece interpretar en la primera ley de la mecánica al mundo como una totalidad: “En todas las modificaciones de la materia corporal permanece constante la cantidad de materia en el conjunto, sin que aumente o disminuya”. *MANW.*, 110 (Ak., IV, 541). Cfr. supra, 138 nota 119, 152 nota 160 y 156 nota 174.

²⁰⁸ *KrV.*, A 187/B 230-231.

²⁰⁹ Es interesante observar las dificultades terminológicas del texto anterior comparando las traducciones que realizan García Morente y Pedro Rivas. *Crítica de la razón pura*, p. 118 Porrúa y p. 219 Alfaguara, respectivamente.

de la nada.²¹⁰ De esta manera, la causalidad será diferente de la creación y comprensible sólo por la intervención de la magnitud intensiva.

Principio de causalidad. (Segundo modo del tiempo).

El enlace de los fenómenos entre sí establece las relaciones temporales ya que el tiempo no se percibe. El tiempo real se construye, consiguientemente, por la síntesis efectuada conforme a reglas *a priori* de los contenidos que lo llenan.

Las formulaciones de las dos ediciones de la *Crítica* pueden verse como complementarias, ya que el enunciado de 1781 nos dice en qué consiste la regla precisada en el enunciado de 1787:

Todo lo que sucede (empieza a ser) presupone algo a lo cual sigue *de acuerdo con una regla*.²¹¹

Todos los cambios tienen lugar de acuerdo con la ley que enlaza causa y efecto.²¹²

La categoría de causalidad subordina necesariamente el efecto a la causa. Esta categoría, convenientemente esquematizada, determina la relación entre la causa y el efecto. El esquema de esta categoría debe proyectar en la intuición (sensibilizar) la conexión necesaria entre el efecto y su causa. Los fenómenos podrán ser puestos en relación mutua, de tal modo que se regulen sus cambios. La causalidad es una sucesión necesaria y ordenada; su esquema será eso mismo, pero como representación en la forma pura del tiempo. El esquema de la causalidad es, pues, la representación de la sucesión necesaria, ordenada, en tanto se presenta en la forma pura del tiempo. El tiempo, al ser determinado *a priori* por la categoría de la causalidad, aparece como una sucesión ordenada de diversos momentos. El tiempo así determinado constituye el esquema de la causalidad:

La aprehensión de lo múltiple del fenómeno es siempre sucesiva. Las representaciones de las partes se siguen unas a otras. Si se siguen o no también en el objeto constituye un segundo punto de la reflexión no contenido en el primero.²¹³

Ahora bien, un fenómeno sólo puede ser interpretado, a diferencia de las

²¹⁰ Esta percepción de la sustancia es la única que permite plantear correctamente el problema “cristiano” de la creación de sustancias.

²¹¹ *Ibíd.*, A 189.

²¹² *Ibíd.*, B 232.

²¹³ *Ibíd.*, A 189/B 234.

representaciones de la aprehensión, como objeto distinto de ellas, si se encuentra sometido a una regla que lo diferencie de toda otra aprehensión y que imponga una forma de enlace de lo múltiple.²¹⁴ De la misma manera, la interpretación de una relación causal se verifica cuando la sucesión subjetiva se somete a una regla que convierte en necesario el orden de la secuencia perceptiva. La simple sucesión no basta para establecer necesariamente la relación entre un estado previo y uno posterior, se requiere, además, la categoría:

Tenemos representaciones en nosotros, de las que también podemos llegar a ser conscientes. Pero, por mucho que se extienda esta conciencia, por muy exacta o precisa que sea, seguirán siendo simples representaciones, es decir, determinaciones internas de nuestro espíritu en esta o aquella relación temporal. Ahora bien ¿cómo sucede que nosotros asignemos un objeto a estas representaciones o que les atribuyamos, además de la realidad subjetiva que poseen como modificaciones, yo no sé qué clase de realidad objetiva? La significación objetiva no puede consistir en la relación con otra representación (de aquello que se quería afirmar del objeto), ya que, de lo contrario, surge de nuevo el problema: ¿cómo sale esta representación, a su vez de sí misma y adquiere, además de la significación subjetiva que le es propia en cuanto determinación del estado del espíritu, una significación objetiva? Si investigamos qué nueva propiedad confiere a nuestras representaciones *la referencia a un objeto* y qué dignidad adquieren mediante tal referencia, encontramos que ésta no hace más que convertir en necesario el enlace de las representaciones de una manera determinada, por una parte, y, por otra, someterlas a una regla. Encontramos, a la inversa, que sólo conferimos significación objetiva a nuestras representaciones, debido a que es necesario un cierto orden en la relación temporal de las mismas.²¹⁵

La prueba de este principio tiene que ver con el principio anterior, puesto que *todos los fenómenos que se suceden en el tiempo son cambios de las sustancias*. El orden subjetivo que sigue el cambio, tiene que ser compatible con la síntesis universal de los fenómenos ante una sola conciencia autoconsciente. El orden de sucesión manifestado en una aprehensión subjetiva de la conciencia no tiene porque ser el mismo que el orden que se da en el objeto.²¹⁶ La síntesis compatible con el orden objetivo es regulada por la categoría de la causalidad. No es lo mismo el concepto empírico entre causa y efecto al que se refería Hume en su crítica, que el concepto *a priori* de causa y efecto, el cual apela a una regla universal. La categoría garantiza que esa relación se da en el objeto mismo (en el objeto en general), y no sólo en la conciencia empírica que lo aprehende en virtud de la costumbre. Es la síntesis categorial la que constituye al objeto como tal, antes de ella el fenómeno

²¹⁴ Cfr. *Ibíd.*, A 191/B 236.

²¹⁵ *Ibíd.*, A 197/B 242-243.

²¹⁶ Al igual que sucede en la diferenciación entre “comienzo” y “origen” manifestada al comienzo de la *Crítica* (B 1), puede suceder que lo último en el tiempo sea lo primero en la jerarquía lógica. Cfr. García Morente, M., *La filosofía de Kant*. Espasa-Calpe, Madrid, 1975, pp. 66 y 67.

(*Erscheinung*) es sólo el objeto indeterminado de una intuición empírica. Tras la aplicación de las categorías obtenemos objetos. Solamente al objeto puede añadirse (predicarse) el concepto de causa. No se puede concebir el objeto como constituido antes de la aplicación de la categoría esquematizada. Lo que fundamenta al fenómeno, elevándolo a la dignidad de objeto, no es una relación inobservable entre una representación y un objeto que se encontrara situado “por detrás” de la representación fenoménica por así decir, sino más bien la conexión necesaria de todas las representaciones en un orden coherente.

Relación del principio de causalidad con el de la permanencia de la sustancia.

Hemos visto que la sustancia, como conjunto regulado de los accidentes, es el objeto mismo. El cambio no es una afección de la sustancia, sino su expresión misma.²¹⁷ Por eso, *conocer la sustancia será comprender su variación y esto nos lo permite el principio de causalidad.* Dado que la sustancia es entendida como relación, como el movimiento de las determinaciones, implica en su definición misma su forma de manifestarse en un acontecer regulado, que es el modo de su expresión y se denomina causalidad.²¹⁸ La causalidad es la forma de todo cambio que padece la sustancia, la sustancia no se crea ni se destruye, es decir, no se origina o llega a ser a partir de la nada ni se origina por efecto de una causa externa, y tampoco se aniquila o deja de ser.

El cambio de la sustancia se produce por acción de una fuerza, pero el conocimiento de las fuerzas solamente puede ser empírico.²¹⁹ Por lo que siguiendo el ejemplo de Kant dejamos ahora de lado todo lo que no se refiera a las fuentes del conocimiento sintético *a priori*:

Esta causalidad nos lleva al concepto de acción, este al concepto de fuerza y mediante este último llegamos al de sustancia. [(La fuerza constituye el criterio empírico de la sustancia)].²²⁰

²¹⁷ Cfr. *KrV.*, B 233.

²¹⁸ Cfr. *Ibíd.*, B 234.

²¹⁹ Cfr. *Ibíd.*, A 207/B 252.

²²⁰ *Ibíd.*, A 204/B 249. Este pasaje remite a lo que serán los *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*. Vid. *MANW.*, 44 (Ak., IV, 497, 14), y en general los capítulos segundo (Dinámica) y tercero (Mecánica) *op. cit.*, páss., 43-126 (Ak., IV, 496-553).

Ahora nos interesa saber cómo acontece el cambio de un estado a otro de la sustancia. La causalidad es transformación no origen o creación. Necesita un supuesto: la ley de inercia. La sustancia no es capaz por sí misma de alterar su estructura, de aumentar o disminuir su cantidad, de ser causa de su propio cambio; por tanto, la transformación de una sustancia se funda en la acción de otra diferente. La modificación de la sustancia y la causa de tal modificación (fuerza) serán siempre iguales. El cambio de estado de una sustancia definida (como un *quantum constante*) tiene una causa exactamente proporcional. La sucesión de los estados de la sustancia se relaciona siempre con una causa que es su razón suficiente. La causalidad regula la variación fenoménica en la sucesión temporal. Los estados de la sustancia se suceden, pues, de manera continua, es decir, desde un grado cero hasta un grado determinado. Para poder examinar dicho cambio tendremos que hacer intervenir el principio de la magnitud intensiva. La causalidad es un proceso continuo, no da saltos, pues tal cosa significaría la aniquilación de un estado intermedio y la creación de otro a partir de la nada; habría un hiato inadmisibles. El tiempo entre la causa y el efecto puede hacerse tan pequeño como se quiera, hasta percibirlos como simultáneos, pero siempre precederá la causa al efecto necesariamente:

El problema reside, pues, en cómo una cosa pasa desde un estado = a a otro estado = b . Entre dos instantes hay siempre un tiempo y entre dos estados correspondientes a esos instantes encontramos siempre una diferencia con una magnitud, ya que todas las partes de los fenómenos son siempre de nuevo magnitudes. Por tanto, todo tránsito de un estado a otro acontece en un tiempo contenido entre dos instantes, el primero de los cuales determina el estado del cual la cosa sale, el segundo, aquel al cual la cosa llega. Ambos instantes son, pues, límites del tiempo de un cambio y, en consecuencia, el estado intermedio entre los dos estados. Ambos estados forman parte, como tales, de la totalidad del cambio. Ahora bien, todo cambio tiene una causa, la cual manifiesta su causalidad durante todo el tiempo en que aquél tiene lugar. Dicha causa no produce el cambio repentinamente (de una vez o en un instante), sino en un tiempo, de tal modo que así como aumenta el tiempo desde el instante inicial a hasta su consumación en b , así también la magnitud de la realidad ($b-a$) se produce a través de sus grados menores contenidos entre el primero y el último. El cambio es, pues, posible únicamente por una acción continua de la causalidad, acción que, en la medida en que es uniforme, se denomina momento. El cambio no está formado por estos momentos, sino que es producido por ellos como efecto suyo.²²¹

La magnitud intensiva es la que nos permite seguir a través de todos los grados la constitución del efecto, sin embargo, la acción continua de la causa sobre un estado determinado de la sustancia no es necesariamente perceptible. Es posible que se dé

²²¹ *KrV.*, A 208-209/B 253-254.

una relación de causalidad aunque no podamos percibirla, debido a que el tiempo transcurrido entre un estado y otro sea infinitamente pequeño. Debido a este hecho Kant se ve obligado a establecer una distinción entre el *curso del tiempo*, que caracteriza los eventos tal como se nos dan en la conciencia perceptiva, y el *orden del tiempo*, que caracteriza los eventos tal como se nos dan objetivamente, en la conciencia trascendental:

Hay que observar aquí que consideramos el orden del tiempo, y no su *curso*. La relación permanece, aunque no haya transcurrido tiempo alguno. El tiempo entre la causalidad de la causa y su efecto inmediato puede ser *fugaz* (pueden, por tanto, ser simultáneos), pero la relación de la una respecto del otro sigue siendo determinable de acuerdo con el tiempo.²²²

La sucesión continua expresada por el orden del tiempo es la que caracteriza al juicio objetivo. Kant distingue entre la sucesión objetiva, necesariamente continua de los fenómenos, y la sucesión subjetiva de la aprehensión, que puede ser continua o discontinua. Dentro de la sucesión subjetiva pueden distinguirse tres casos:

- 1) Que la sucesión sea totalmente subjetiva: Sueños.
- 2) Que la sucesión sea espacialmente objetiva y temporalmente subjetiva: Como en la contemplación de objetos.
- 3) Que la sucesión subjetiva se revele objetiva, tanto desde el punto de vista espacial, como desde el punto de vista temporal:

Veo, por ejemplo, un barco navegando río abajo. Mi percepción de la posición que ocupa más abajo sigue a la percepción de la posición que ocupaba más arriba en la corriente del río. Por tanto, el orden de sucesión de las percepciones en la aprehensión se encuentra aquí predeterminado y ésta se encuentra ligada a ese orden.²²³

Cuando la sucesión objetiva se define, por ejemplo, por una relación infinitesimal, la tarea de la causalidad será distinguir en las sucesiones subjetivas aquellas que pueden revelarse objetivas y las que permanecerán subjetivas siempre. Cuando sucede que la sucesión objetiva no permite ser percibida, nos encontramos con el problema de no contar con una regla que lo determine:

Así, pues, cuando experimentamos que algo sucede, presuponemos siempre que le antecede algo, a lo cual aquello sigue conforme a una regla. En efecto, de no ser así, yo no afirmaré que el objeto sigue, puesto que la mera sucesión en mi aprehensión, si no es determinada por una regla en relación con algo precedente, no justifica ninguna sucesión en el objeto. Por consiguiente, yo convierto en objetiva mi

²²² *Ibíd.*, A 203/B 248.

²²³ *Ibíd.*, A 192/B 237.

síntesis subjetiva (de aprehensión) siempre en relación con una regla, de acuerdo con la cual son determinados los fenómenos en la sucesión, es decir, tal como ellos acontecen, y sólo bajo este presupuesto, es posible incluso la experiencia de algo que ocurre.²²⁴

El análisis kantiano del principio de la producción muestra, que el problema de la causalidad, no puede ser comprendido recurriendo a una noción dogmática de objeto que entienda a éste como algo que existe en sí mismo al margen de la determinación categorial, sino exclusivamente por la distinción del curso del tiempo y el orden del tiempo, siendo éste su determinación y aquél la indistinción de lo subjetivo y lo objetivo.

Principio de interacción. (Tercer modo del tiempo).

Aparece formulado del siguiente modo:

Todas las sustancias se hallan, en la medida en que sean *simultáneas*, en completa comunidad (es decir, en acción recíproca).²²⁵

Todas las sustancias, en la medida en que podamos percibir las como simultáneas en el espacio, se hallan en completa acción recíproca.²²⁶

El principio de acción recíproca consiste en la aplicación de la categoría de comunidad a los fenómenos por mediación del esquema correspondiente. Esta categoría es la causalidad de sustancias que se determinan recíprocamente.²²⁷ Determina una conexión en un conjunto de cosas, las cuales no se encuentran subordinadas unas, como efectos, a otras, como causas de su existencia, sino coordinadas simultánea y recíprocamente como causas en vista de la determinación de las otras. Se trata de una forma de conexión diferente de la que se da en la relación causal. Esta categoría realiza una determinación trascendental del tiempo, que constituye el esquema de la *comunidad*:

El esquema de la comunidad (acción recíproca) o de la causalidad recíproca de la sustancia respecto de sus accidentes es la coexistencia de las determinaciones de una en relación con las de las otras conforme a una regla universal.²²⁸

La tercera analogía de la experiencia representa la culminación del conjunto de los principios que regulan la constitución de un objeto, en la medida en la que ellos

²²⁴ *Ibíd.*, A 195/B 240.

²²⁵ *Ibíd.*, A 211.

²²⁶ *Ibíd.*, B 256.

²²⁷ *Ibíd.*, B 111.

²²⁸ *Ibíd.*, A 144/B 183-184.

fijan la estructura de su objetividad. En efecto, si sólo fuera posible interpretar objetos como cosas concretas, existirían solamente cosas concretas independientes, aisladas por completo unas de otras. De este modo el entramado de las representaciones empíricas, es decir, la experiencia, empezaría desde el principio con cada nuevo objeto. La categoría de la causalidad, como regla, permite la interpretación de los cambios de estado de tales cosas concretas y, por tanto, implica una sucesión de objetos; puesto que la aplicación de la regla pone siempre a los fenómenos que se enlazan como algo que puede interpretarse como cosa singular en un juicio categórico. El espacio de la experiencia abierto por las categorías sólo alcanza su profundidad, cuando más allá de los objetos como cosas singulares y de sus cambios de estado, puede interpretarse también una pluralidad de objetos como comunidad real (*commercium*) de las sustancias en unidad universal.²²⁹

El problema de la simultaneidad en la Teoría de la relatividad se refiere a sistemas de referencia no inerciales. La Teoría de la relatividad contempla dos aspectos de la simultaneidad: la simultaneidad local y la simultaneidad a distancia. El primero es al que se puede aplicar este principio, el segundo está afectado por la limitada velocidad de las ondas electromagnéticas. La simultaneidad local puede ser determinada simplemente situando un reloj en el centro de dos sucesos que se encuentren en reposo relativo en un sistema de referencia inercial.²³⁰ En este sentido, puede Kant afirmar que “las cosas son simultáneas cuando en la intuición empírica la percepción de una puede seguir a la percepción de la otra, y *al revés* (cosa que, tal como se mostró en el segundo principio, no puede ocurrir en la serie temporal de los fenómenos)”.²³¹

Según Einstein dos sucesos separados en el espacio son simultáneos cuando son percibidos *al mismo tiempo* por un observador que se halle a igual distancia de ambos.²³²

Pero si se pretende que esta relación comporte necesidad, no basta con captar la simultaneidad considerada de acuerdo con la subjetividad de la aprehensión. Para

²²⁹ *Ibíd.*, A 214/B 261.

²³⁰ *Cfr. inf.*, 337 y 372.

²³¹ *Ibíd.*, A 211/B 256.

²³² *Cfr. Einstein, A., Sobre la Teoría de la relatividad especial y general.* Traducción de Miguel Paredes Larrucea, Alianza (RBA), Barcelona, 2002, p. 22. *Vid.*, *supra*, 170-171 e *inf.*, 337.

fundamentar de un modo necesario la simultaneidad, de cara a la posibilidad del conocimiento del objeto, el tiempo tendría que ser percibido en sí mismo, cosa que es imposible como vimos en la primera analogía. En la segunda analogía la serie temporal sólo podía ser recorrida en un único sentido. Esta tercera analogía, sin embargo, trata de da la simultaneidad de las cosas. Por tanto, para introducir la necesidad y alcanzar la objetividad, se requiere la intervención de un concepto puro del entendimiento diferente a los anteriores, pero que se complementa con ellos. En este tercer modo del tiempo, la relación de influencia de un término hacia el otro tiene que poder invertirse. Esto significa que hay comunidad entre los dos términos y no mera subordinación causal. Por eso se requiere la categoría de comunidad o acción recíproca y su inversa el influjo:

En consecuencia, se requiere un concepto intelectual de la sucesión recíproca de las determinaciones de esas cosas que existen al mismo tiempo unas fuera de otras, a fin de afirmar que la sucesión de las percepciones se funda en el objeto, y a fin de representar así lo simultáneo como objetivo. Ahora bien, la relación de las sustancias en que una contiene determinaciones cuyo fundamento se encuentra en la otra, es la relación del influjo y, cuando a la inversa, cada sustancia contiene el fundamento de las determinaciones que existen en la demás, nos hallamos ante la relación de comunidad o acción recíproca. Por tanto, la simultaneidad de las sustancias en el espacio no puede ser conocida empíricamente sino bajo la suposición de una acción recíproca entre las mismas. Ésta es, pues, también la condición de posibilidad de las cosas mismas en cuanto objetos de la experiencia.²³³

Si esta acción recíproca se ve cortada y aislados los términos de la relación, la simultaneidad se rompe volviendo a la causalidad temporal. Vemos, pues, que la relación que ejercita esta analogía es la de causalidad recíproca, conjugando así permanencia y cambio. Recapitula de esta manera las dos analogías precedentes alcanzando la unidad deseada.

La filosofía de Kant contempla, por tanto, la ruptura de la acción recíproca (y de toda causalidad en general) en intervalos espaciales. Sin embargo no contempla el problema de la causalidad de la Teoría de la relatividad espacial derivado de la velocidad de la luz. Para Kant existe acción a distancia instantánea, no percibe, por tanto el problema de la simultaneidad entre sistemas de referencia no inerciales.

El enunciado de 1787 dice que la percepción de la simultaneidad se realiza en el espacio. Dos cosas que se influyen recíprocamente definen un espacio porque existen al mismo tiempo y, el espacio es la modalidad simultánea del tiempo. Ahora

²³³ *KrV.*, A 211/B 257-258.

bien, no basta con que dos términos sean simultáneos, es igualmente necesario que determinen su simultaneidad. El espacio se hace preciso porque dos existencias, que se influyen recíprocamente, definen un espacio. El espacio implica la necesaria continuidad de los términos en interacción, en lugar del vacío, que si bien permite la simultaneidad temporal, no permite la determinación recíproca. Si no se diera ese espacio, estaríamos en la segunda analogía, pero para que dos cosas pertenezcan al mismo lugar tiene que actuar la una sobre la otra y viceversa. Gracias a esta comunidad dinámica podemos reconocer empíricamente la mera comunidad local. La comunidad dinámica permite identificar la comunidad de existencia y reconocer al espacio vacío como una idea de la razón y no como un objeto de la experiencia:

Las cosas son simultáneas en la medida en que existen al mismo tiempo. ¿Cómo sabemos que existen al mismo tiempo? Lo sabemos cuando es indiferente el orden en la síntesis de aprehensión de esa variedad, es decir, cuando podemos pasar desde A hasta E, a través de B, C, D, o al revés, desde E hasta A. En efecto, si la síntesis fuese temporalmente sucesiva (en el orden que empieza en A y termina en E) sería imposible iniciar la aprehensión en la percepción de E y seguir retrospectivamente hasta A, ya que A pertenecería al pasado y, consiguientemente, no podría ya ser objeto de aprehensión.²³⁴

Si existe un espacio podemos recorrer la serie continua que va de un objeto a otro, eliminando así la posibilidad de que se dé un vacío que aisle a los sistemas, y garantizando la simultaneidad entre ellos. Este es exactamente el problema que se da al eliminar la acción a distancia instantánea debido al postulado de la constancia de la velocidad de la luz. La velocidad de la luz (el límite en la transmisión de la información) hace que no se dé la acción instantánea a distancia, por eso el espacio y el tiempo caminan de la mano en un espacio-tiempo. La velocidad de la luz, que es el límite de la velocidad de cualquier onda electromagnética y por consiguiente es lo más rápido que se puede relacionar dos sucesos, tarda un tiempo en llegar de un punto-suceso a otro, definiendo así un espacio-tiempo, puesto que el espacio es un corte en ese continuo espacio-temporal.²³⁵

Por ello, en la teoría de Kant, en la que se acepta la acción a distancia instantánea, la acción recíproca determina un espacio sin que se dé un tiempo entre

²³⁴ *Ibíd.*, A 211/B 258.

²³⁵ Esto significa que podemos hablar de espacio y tiempo y no sólo de espacio-tiempo en el seno de un sistema de referencia inercial. Para sistemas de referencia no inerciales hace falta el espacio-tiempo, ya que en ellos los efectos relativistas, derivados del límite c de la velocidad, hacen que la simultaneidad no se pueda determinar.

dos fenómenos, por eso ocurren simultáneamente, pero en ausencia de acción a distancia sólo podemos definir la simultaneidad en virtud de una convención no arbitraria. Dicha convención la expresa Einstein en *Sobre la Teoría de la relatividad especial y general*, la cual expresa que un par de sucesos espacialmente distantes serán simultáneos si son percibidos a la vez por un observador que se halle a igual distancia de ambos.²³⁶

En el seno de un sistema de referencia inercial en el cual se da simultaneidad local, la comunidad que Kant llama dinámica (*commercium*) es la responsable de que se dé un espacio y de que la comunidad local pueda ser por ello percibida como simultánea. Que la teoría de Kant es aplicable desde el punto de vista de la Teoría de la relatividad solamente a sistemas locales (sistemas de referencia inerciales) se debe a que se contempla la acción a distancia instantánea. Si entendemos que tal relación viene dada por la luz, la velocidad de la luz se toma como infinita. La velocidad de la luz tomada como infinita no es un juicio sintético *a priori*, sino un postulado puramente analítico; desde esta apreciación la Teoría de la relatividad no sólo no refuta la filosofía kantiana, sino que la corrobora aún más que la newtoniana.

El espacio vacío no es objeto de experiencia, por tanto, porque no hay relación temporal con él ni conexión alguna. A él no llegan nuestras percepciones, no hay conocimiento empírico acerca de la coexistencia.²³⁷

XI.3.2. Modos subjetivo-existenciales. (Postulados del pensar empírico en general).

Los tres grupos de principios anteriores fijan la estructura de la objetividad del objeto, constituyen las reglas trascendentales que configuran el discurso de la *Crítica de la razón pura* como ontología *a priori* de la naturaleza (síntesis física u objetiva). Los postulados son posteriores a la constitución *a priori* del objeto, a su quiddidad:

Así como la adecuación de todo juicio con los principios de contradicción, razón suficiente y tercero excluido determinaba respectivamente su posibilidad, su realidad y su necesidad lógicas, la adecuación de los juicios empíricos con lo señalado

²³⁶ Cfr. supra, 334, nota 232.

²³⁷ Cfr. Ibíd., A 213-A 214/B 260-B 261.

en estos tres postulados viene a determinar, según dice Kant, la posibilidad, la realidad y la necesidad de la experiencia.²³⁸

A los postulados del pensamiento empírico corresponden las categorías de la modalidad. Estas categorías se caracterizan por no añadir determinaciones al objeto, tan sólo indican qué relación mantiene lo que ha sido determinado por las categorías con la facultad de conocer (síntesis metafísica o subjetiva):

Lo peculiar de las categorías de la modalidad consiste en que, en cuanto determinaciones del objeto, no amplían lo más mínimo el concepto al que sirven de predicado, sino que expresan simplemente la relación de tal concepto con la facultad cognoscitiva. Aunque el concepto de una cosa esté ya completo, puedo seguir preguntando si ese objeto es meramente posible, si también es real, y en caso de que sea esto último, si es incluso necesario. A través de todas estas cuestiones no pensamos ninguna determinación más en el objeto mismo, sino que simplemente preguntamos cómo se relaciona tal objeto (con todas sus determinaciones) con el entendimiento y su uso empírico, con la facultad de juzgar empírica y con la razón en su aplicación a la experiencia.²³⁹

No afecta a la esencia de un objeto el que sea posible, real o necesario. Las categorías de la modalidad no pertenecen a la esencia del objeto. Kant lo expresa diciendo que estas categorías no son predicados reales del objeto.²⁴⁰ Indican cómo se relaciona el concepto del objeto con su existencia y sus modos.

Los esquemas trascendentales encargados de sensibilizar los conceptos puros de la modalidad son determinaciones trascendentales referidas al conjunto del tiempo. La función de estos esquemas es hacer representable el tiempo, en cuanto correlato que determina si un objeto pertenece al tiempo y cómo lo hace.²⁴¹ El esquema de la posibilidad determinará la representación de un objeto respecto de un tiempo; el de la realidad efectiva será la existencia de un objeto en un tiempo determinado y el de la necesidad será la existencia de un objeto en todo tiempo. Estos principios son, pues, definiciones de los conceptos de posibilidad, existencia y necesidad en su uso empírico, ya que enuncian los criterios para la aplicación de estos conceptos a los objetos (cosas, situaciones, procesos) de la experiencia.²⁴²

Tradicionalmente se denominan postulados a ciertas proposiciones cuya verdad se admite sin pruebas y que es necesaria para servir de base en ulteriores

²³⁸ Palacios, J. M., *Op. cit.*, 118.

²³⁹ *KrV.*, A 219/B 266. Cfr. *Proleg.*, § 25, 155-157 (Ak., IV, 307-308).

²⁴⁰ *Vid. supra*, 113 nota 63.

²⁴¹ Cfr. *KrV.*, A 145/B 184.

²⁴² Cfr. *Ibíd.*, A 219/ B 266-267.

razonamientos. Kant denomina postulados a los principios de la modalidad. Pero Kant no lo entiende de ese modo ya que en ese caso:

Postular equivaldría a tomar una proposición como inmediatamente cierta, prescindiendo de su justificación o demostración. En efecto, si, por muy evidentes que sean las proposiciones sintéticas, las admitimos incondicionalmente, sin deducción, por la autoridad de su propia fórmula, entonces se viene abajo toda la crítica del entendimiento.²⁴³

¿En ese caso por qué llama así Kant a estos principios? Porque emplea el nombre de postulado en el sentido propio de los matemáticos, el cual se ajusta a lo que en la filosofía crítica debe entenderse por tal:

Lo que en matemáticas se llama postulado es una proposición práctica que no contiene más que la síntesis a través de la cual nos damos en primer lugar un objeto y producimos su concepto.²⁴⁴

Como no son principios objetivamente sintéticos no necesitan ser demostrados. Indican cómo se relaciona el concepto del objeto con los modos de existencia.²⁴⁵ Sin embargo, los postulados, al igual que todas las proposiciones sintéticas *a priori*, si bien no pueden ir acompañadas de una demostración, requieren al menos una deducción que las legitime. Para que una proposición sintética *a priori* sea necesaria para determinar un objeto tiene que demostrarse o, al menos, deducirse su validez.²⁴⁶

Los principios de la modalidad se postulan en la medida en que son principios que no amplían nuestro concepto de los objetos, sino que indican el modo en que dicho concepto se enlaza con la facultad de conocer. No olvidemos que para Kant la existencia no es un predicado real.²⁴⁷ Los principios modales no agregan contenido real al contenido real del objeto y, sin embargo, contienen una síntesis, es decir, añaden algo que no estaba contenido en el concepto de objeto. Por eso, aun careciendo de prueba, puede darse una explicación de ellos:

Los principios de la modalidad no son objetivamente sintéticos, ya que, si bien los predicados de posibilidad, realidad efectiva y necesidad añaden algo a la representación del objeto, no amplían en lo más mínimo el concepto del cual se predicán. Y aunque siempre sean sintéticos, lo son sólo subjetivamente. Es decir, agregan al concepto de una cosa (de algo real), del que no afirman nada más, la facultad cognoscitiva de la cual nace y se asienta ese concepto. De tal modo que, si dicho concepto está meramente en conexión en el entendimiento con las condiciones formales de la experiencia, su objeto es calificado de posible; si está en conexión con

²⁴³ *Ibíd.*, A 233/B 285.

²⁴⁴ *Ibíd.*, A 234/B 287.

²⁴⁵ *Cfr. Ibíd.*, A 233/B 286.

²⁴⁶ *Cfr. Ídem y A 733/B 761.*

²⁴⁷ *Vid. supra*, 113 nota 63.

la percepción (sensación en cuanto materia de los sentidos) y es determinado por ella a través del entendimiento, entonces el objeto es real; si está determinado por la conexión de las percepciones según conceptos, el objeto se denomina necesario. Así, pues, lo único que los principios de la modalidad dicen de un concepto es el acto de la facultad cognoscitiva por medio del cual se produce.²⁴⁸

A diferencia de la metafísica racionalista, para Kant los modos de ser no se determinan a partir del mero pensamiento. Los principios modales no son postulados del pensar en general, sino del pensar empírico en general. Nuestro pensamiento sólo puede determinar el ser en su uso empírico, no en el trascendental. Únicamente la acción conjunta de la sensibilidad y el entendimiento puede especificar el modo de ser del concepto de un objeto:

Por ello mismo, los principios de la modalidad solamente son explicaciones de los conceptos de posibilidad, realidad efectiva y necesidad en su uso empírico, con lo cual restringen, al mismo tiempo, todas las categorías al mero uso empírico, no permitiendo ni autorizando el uso trascendental. En efecto, si las categorías no han de poseer una significación meramente lógica ni expresar analíticamente la forma del *pensar*, sino que han de afectar a las *cosas* y a su posibilidad, su realidad efectiva y su necesidad, entonces tienen que referirse a la experiencia posible y a su unidad sintética, la única en que se dan los objetos de la experiencia.²⁴⁹

La experiencia es la medida de los modos de la existencia de objetos.

Postulado de la posibilidad.

Lo que concuerda con las condiciones formales de la experiencia (desde el punto de vista de la intuición y de los conceptos), es *posible*.²⁵⁰

La posibilidad de un objeto de la experiencia está determinada por su adecuación con la forma de la experiencia en general:

La forma objetiva de la experiencia en general contiene toda síntesis requerida para el conocimiento de los objetos.²⁵¹

La posibilidad del objeto empírico se define por la concordancia con las condiciones formales de la experiencia, es decir, con la estructura intuitiva y conceptual. De la experiencia posible o experiencia en general surge la posibilidad que afecta a todo lo que es pensado como acorde con sus exigencias, es decir, la posibilidad real. Para comprender este postulado hay que tener, pues, presente la distinción entre *posibilidad lógica* (*logische Möglichkeit*) y *posibilidad real* (*reale*

²⁴⁸ *KrV.*, A 233-234/B 286-287.

²⁴⁹ *Ibíd.*, A 219/B 266-267.

²⁵⁰ *Ibíd.*, A 218/B 265.

²⁵¹ *Ibíd.*, A 220/B 267.

Möglichkeit):

Para conocer un objeto es necesario que yo pueda probar su posibilidad, sea en virtud del testimonio de la experiencia a partir de su realidad efectiva, sea *a priori* mediante la razón. Sin embargo, yo puedo *pensar* lo que quiera, siempre que no me contradiga, es decir, con tal de que mi concepto sea un pensamiento posible, aunque yo no pueda responder si le corresponde o no un objeto en el conjunto de todas las posibilidades. No obstante, a fin de atribuir validez objetiva (posibilidad real, pues la primera era meramente lógica) a tal concepto, se requiere algo más. Ahora bien, este algo más no tenemos por qué buscarlo en las fuentes del conocimiento teórico. Puede hallarse igualmente en las fuentes del conocimiento práctico.²⁵²

La posibilidad lógica hace referencia al principio de no contradicción, es, pues, determinable mediante el análisis del concepto; por ello también se denomina *posibilidad analítica*. La diferencia con la posibilidad real estriba en que de la mera posibilidad lógica de un concepto, no se puede derivar la posibilidad real de su objeto, ya que la mera ausencia de contradicción en el concepto no nos procura una idea de cómo el objeto pensado puede existir realmente. El hecho de pensar un concepto posible nada dice acerca de si dicho concepto es vacío o no. Kant rechaza así lo que era una pretensión de la metafísica dogmática:

El concepto es siempre posible si no se contradice. Este es el criterio lógico de la posibilidad, el cual nos sirve para distinguir el objeto de ese mismo concepto respecto del *nihil negativum*. Ahora bien, esto no quita que pueda tratarse de un concepto vacío en el caso de que la realidad objetiva de la síntesis mediante la cual se produce el concepto no sea demostrada de modo particular. Tal demostración [...] se basa siempre en los principios de la experiencia posible, no en el principio del análisis (en el principio de contradicción). Esto constituye una advertencia en el sentido de que no deduzcamos de inmediato la posibilidad de las cosas (posibilidad real) a partir de la posibilidad de los conceptos (posibilidad lógica).²⁵³

El concepto de la posibilidad real exige algo más que la simple ausencia de contradicción del concepto. Ese algo más puede venir dado *a posteriori* o *a priori*. Para conocer *a priori* la posibilidad real de algo, sin fundarse en la posibilidad lógica de su concepto, tenemos que recurrir a las fuentes prácticas del conocimiento (libertad), o a sus fuentes teóricas (postulado de la posibilidad).²⁵⁴ El primer postulado del pensamiento empírico nos dice, desde las fuentes teóricas, qué es ese algo más que se requiere. Ese algo más es la adecuación con las condiciones formales de la experiencia en general desde el punto de vista de la intuición y de los conceptos. Necesitamos comprender el motivo por el cual el concepto se refiere al objeto.

²⁵² *Ibíd.*, B XXVI n.

²⁵³ *Ibíd.*, A 596/B 624 n.

²⁵⁴ Cfr. Palacios, J. M., *Op. cit.*, 124-126.

Recordemos un pasaje del § 14 *Paso a la deducción trascendental de las categorías*, en el que Kant nos dice que solamente:

Hay dos condiciones bajo las cuales puede conocerse un objeto. En primer lugar, la *intuición* a través de la cual viene dado, aunque únicamente en cuanto fenómeno. En segundo lugar, el *concepto* a través del cual es pensado el objeto correspondiente a dicha intuición. Pero de ello se desprende claramente que la primera condición, es decir, la única bajo la cual pueden ser intuitos los objetos, yace de hecho *a priori* en el espíritu como fundamento de los objetos según su forma. Con esta condición formal de la sensibilidad concuerdan, pues, todos los fenómenos necesariamente, ya que sólo gracias a ella éstos pueden aparecer, es decir, ser empíricamente intuitos y dados. La cuestión reside ahora en saber si hay igualmente conceptos *a priori* previos que condicionan el que algo pueda ser, no intuito, pero sí pensado como objeto en general. En tal caso, todo conocimiento empírico de los objetos estará necesariamente de acuerdo con estos conceptos, porque nada es posible como *objeto de la experiencia* sin presuponerlos. Pero resulta que toda experiencia contiene, además de la intuición de los sentidos, por medio de la cual algo está dado, el *concepto* de un objeto dado o manifestado en la intuición. Consiguientemente, habrá conceptos de objetos que, como condiciones *a priori*, sirvan de base a todo conocimiento experimental. En consecuencia, la validez objetiva de las categorías, en cuanto conceptos *a priori*, descansará en el hecho de que sólo gracias a ellas sea posible la experiencia (por lo que respecta a la forma del pensar). En efecto, en tal caso se refieren de manera necesaria y *a priori* a objetos de la experiencia, porque sólo a través de ellas puede en general ser pensado algún objeto de la experiencia.²⁵⁵

Las condiciones formales de la experiencia en general a que se refiere este postulado, especificadas en el texto anterior, son estas dos:

- *Condiciones formales de la intuición empírica*: Las intuiciones puras del espacio y del tiempo que, aplicadas a la materia suministrada por la sensación, dan lugar a los fenómenos.
- *Condiciones formales del pensamiento empírico*: Las categorías y los principios del entendimiento puro que surgen de la aplicación de las primeras a los fenómenos.

Un objeto que no se conforme a estas condiciones, será lógicamente posible, pero carecerá de la posibilidad real de ser objeto de experiencia posible. Patentizar la exigencia, impuesta por la experiencia, de recurrir a la intuición sensible como único medio de demostrar la posibilidad real de los objetos, a que se refieren los conceptos, como algo distinto a la posibilidad lógica del concepto, es, según lo dicho, el objetivo de este primer postulado.

²⁵⁵ *KrV.*, A 92-93/B 125-126.

Los objetos de una experiencia intrateórica, aunque se dan en el *tiempo-espacio*,²⁵⁶ no son meros conceptos matemáticos. Para que sean posibles como objetos tendremos que poder concebirlos de acuerdo con los principios puros del entendimiento, además de conforme a la forma pura de la intuición. Los principios del entendimiento puro a que nos referimos son las analogías de la experiencia, a excepción de la tercera que, en rigor, queda refutada por la Teoría de la relatividad. Por consiguiente, el objeto de una intuición cualquiera (intrateórica, pura o empírica) será objeto de una experiencia posible cuando sea categorizado como sustancia y como causa. Si el objeto en cuestión carece de conformidad con lo que señalan estas analogías, tendrá mera posibilidad lógica, mas no posibilidad real de ser objeto de una experiencia posible.

Postulado de la existencia o realidad efectiva (Wirklichkeit).

Lo que se halla en interdependencia con las condiciones materiales de la experiencia (de la sensación) es *existente*.²⁵⁷

Este postulado responde a la pregunta por el criterio que permite convertir el objeto de una experiencia posible en objeto de una experiencia real. La respuesta de Kant es inequívoca: únicamente conocemos que un objeto existe de hecho, actualmente, es decir, es efectivamente real, cuando se halla en conexión con las condiciones materiales de la experiencia. Estas condiciones no son otras que la *sensación*. Kant nunca aceptó que el ser humano pudiese conocer lo que existe mediante meros conceptos. Por eso desde que empezó a fraguar su filosofía entendió, con mayor o menor claridad, a la materia de la experiencia como aquello que, al especificar la forma, hace de la experiencia posible una experiencia actual. El enlace con las condiciones materiales de la experiencia, es decir, con la sensación, ofrece el criterio para saber si el objeto pensado existe o no:

Lo mismo en Kant que en la escolástica, a la que sigue, esta expresión no quiere decir lo que hoy comúnmente se entiende bajo el concepto de realidad cuando, por ejemplo, se habla de la realidad del mundo exterior. En el uso lingüístico actual realidad significa lo mismo que efectividad [*Wirklichkeit*], que existencia [*Existenz* o *Dasein*] en el sentido de subsistencia.²⁵⁸

²⁵⁶ Es decir, en el tiempo y en el espacio, entendido éste como un modo del tiempo.

²⁵⁷ *Ibíd.*, A 218/B 266.

²⁵⁸ Heidegger, M., *Los problemas fundamentales de la fenomenología*. Traducción de Juan José García Norro, Trotta, Colección Estructuras y procesos, serie filosofía, Madrid 2000, § 7, p. 35.

Para Kant la existencia no es un predicado real, la existencia es la posición.²⁵⁹ En la posición de una cosa efectiva, existente, puedo preguntar dos cosas: *qué* se pone y *cómo* se pone. A la pregunta de *qué* se pone responde la posición de una cosa posible, el contenido quiditativo mismo. Pero puedo preguntar también *cómo* se pone. Entonces hay que decir que mediante la efectividad se pone algo más. En algo existente no se pone nada más que algo meramente posible; (pues en este caso estamos hablando de sus predicados), pero se pone más mediante algo existente que mediante algo meramente posible, pues lo existente también alcanza a la posición absoluta de la cosa misma.²⁶⁰

La subsistencia o existencia empírica que define este principio corrobora la sospecha, que siempre acompañó a Kant, de que el espíritu finito sólo puede saber que existen aquellos objetos que afectan su receptividad. Esta idea fue la que le hizo oponerse a la tradición metafísica heredada de Descartes, entendiendo que la diferencia entre la sensibilidad y el entendimiento no era sólo cuestión de grado:

No podemos encontrar en el *mero concepto* de una cosa el distintivo de su existencia, pues, aun en el caso de que el concepto sea tan completo, que no le falte nada en absoluto de lo requerido para pensar una cosa en todas sus determinaciones internas, la existencia no tiene nada que ver con todo eso. Sólo tiene que ver con la cuestión de si semejante cosa nos es dada de forma que la percepción de la misma pueda preceder a su concepto. En efecto, que el concepto preceda a la percepción significa que el primero es posible. Pero el único distintivo de la existencia es la percepción, la cual suministra la materia al concepto. No obstante, se puede conocer la existencia de la cosa previamente a la percepción y, en consecuencia, *a priori* desde un punto de vista comparativo, siempre que esa cosa sólo esté relacionada con algunas percepciones de acuerdo con los principios de su conexión empírica (las analogías).²⁶¹

En la metafísica racionalista wolffiana se define la existencia como el complemento de la posibilidad (*complementum possibilitatis*), en el sentido de poder ser pensado.²⁶² En ella la existencia era entendida como un predicado real más. Sin embargo, Kant insiste en que nada se añade al concepto de una cosa por el hecho de afirmar que existe. A Kant le resulta evidente que si la existencia añadiera algo a lo pensado en el concepto, lo que en tal caso existiría sería algo diferente de lo pensado y, por consiguiente, no podría afirmar que es el objeto del concepto el que existe:

²⁵⁹ Vid. supra, 113 nota 63.

²⁶⁰ Cfr. supra, 51 nota 94.

²⁶¹ KrV., A 225/B 272 – 273.

²⁶² Cfr. Wolff, Ch., *Metafísica alemana*. § 14, 66.

Salta a la vista la pobreza de nuestras inferencias habituales, por medio de las cuales construimos un reino de la posibilidad tan vasto, del que todo lo efectivamente real, es decir, todos los objetos empíricos, forman sólo una pequeña parte de él. Todo lo efectivamente real es posible. De ello se sigue de modo natural, en conformidad con las reglas lógicas de la conversión, este otro principio meramente particular: algún posible es efectivamente real, lo cual parece significar que hay muchos posibles que no son efectivamente reales. Ciertamente esto hace suponer que se puede aumentar el volumen de lo posible por encima del volumen de lo efectivamente real, debido a que hay que añadir algo a aquello para convertirlo en esto. Mas yo no conozco esta adición a lo posible, porque lo que debería añadirse a lo posible, sería imposible.²⁶³

La realidad efectiva añade algo más, pero ese algo más no es un nuevo predicado. Lo nuevo que se añade es la conexión del objeto con la sensación. Por medio de la realidad efectiva de una cosa, ponemos algo más que la mera posibilidad, pero no en su concepto; puesto que éste no puede contener en la efectividad más de lo que estaba contenido en su posibilidad. Lo que se añade al objeto es su conexión con la percepción.²⁶⁴

Ahora bien, la percepción es la conciencia empírica, es decir, una conciencia en la cual tenemos también sensación. La sensación es la simple representación subjetiva que nos hace conscientes de la afección del sujeto, afectación que referimos a un objeto en general. Al principio de la estética trascendental podemos leer que “el efecto que produce sobre la capacidad de representación un objeto por el que somos afectados se llama *sensación*”.²⁶⁵

De este modo, la sensación descubre al sujeto su propia pasividad en el conocimiento, en cuanto él mismo no se reconoce autor de esa representación, sino que esta representación sensible le impone su presencia y su contenido, de tal modo que el sujeto se siente determinado por ella. La sensación es el índice fundamental de la realidad de un objeto de la experiencia y constituye la condición material de toda experiencia actual.²⁶⁶

Ahora bien, “el postulado según el cual conocemos la realidad efectiva de la cosa, no exige la *percepción* (y, consiguientemente, la sensación, de la cual somos conscientes) inmediata del objeto mismo, cuya existencia se trata de conocer, pero sí exige la conexión de tal objeto con alguna percepción efectiva de acuerdo con las

²⁶³ *KrV.*, A 231/B 283 – 284.

²⁶⁴ Cfr. *Ibíd.*, A 234-235/B 287.

²⁶⁵ *Ibíd.*, A 19 – 20/B 34.

²⁶⁶ Cfr. *Ibíd.*, A 225/B 273.

analogías de la experiencia, las cuales establecen todo enlace real en una experiencia en general”.²⁶⁷

La conexión con las condiciones materiales de la experiencia exigida por el postulado de la subsistencia puede ser de dos tipos:

- *Conexión directa*: Consiste en la percepción inmediata del objeto. Proporciona un conocimiento *a posteriori* de la efectividad del objeto: conocemos dicha realidad efectiva siempre que somos afectados por un objeto actualmente presente, cuya representación sensible se nos impone.
- *Conexión indirecta*: permite conocer la existencia del objeto desde un punto de vista comparativo (*comparative a priori*). No consiste, pues, en la percepción inmediata del objeto, sino en el enlace de éste con alguna o algunas percepciones actuales en virtud de las leyes establecidas por las analogías de la experiencia. Tal posibilidad se fundamenta en que la existencia de las cosas está conectada con nuestras percepciones en una experiencia posible:

Así, a pesar de que nuestra constitución orgánica no nos permite conocer directamente la existencia de una materia magnética, conocemos esa materia, que penetra todos los cuerpos, a partir de la atracción de las limaduras de hierro. En efecto, simplemente con que nuestros sentidos fueran más finos, llegaríamos a la percepción empírica inmediata de esta materia magnética en una experiencia, de acuerdo con las leyes de la sensibilidad y el contexto de nuestras percepciones.²⁶⁸

Aunque el texto anterior se refiere a una imposibilidad fáctica, nosotros creemos que también es aplicable a la imposibilidad intuitiva de percibir los objetos de las geometrías no euclidianas. Sostenemos que esta posibilidad permite que podamos incluir la experiencia intrateórica en el campo de la experiencia actual. Así, aunque existan objetos que no podemos percibir inmediatamente, podemos inferir su existencia mediante otra u otras percepciones actuales. Esta posibilidad es permitida por el principio de la existencia junto con las analogías o principios de la conexión empírica de las cosas. Kant incluso deja abierta la posibilidad de que podamos encontrar nuevas percepciones en el futuro:

Los objetos empíricos nunca se nos dan, pues, *en sí mismos*, sino sólo en la experiencia. No existen fuera de ésta. La posibilidad de que haya habitantes en la Luna debe ser admitida aunque nadie los haya percibido jamás. Admitirlo sólo significa que podríamos encontrar tales habitantes en el posible avance de la

²⁶⁷ L. c., A 225/B 272.

²⁶⁸ KrV., A 226/B 273.

experiencia. En efecto, existe todo cuanto se haya en conexión con una percepción según las leyes del progreso empírico. Dichos objetos son, por tanto, existentes si se hallan en conexión empírica con mi conciencia real, aunque no sean existentes en sí mismos, es decir, fuera de ese progreso de la experiencia.²⁶⁹

La experiencia intrateórica es la experiencia posible en su avance no intuitivo, pero sí perceptivo o sensible, ya que los fenómenos que se explican mejor mediante una geometría no euclídea se encuentran enlazados indirectamente con la percepción:

No se nos ofrece como existente más que la percepción y el progreso empírico desde esta a otra percepción posible, ya que, en cuanto simples representaciones, los fenómenos solamente existen en la percepción, la cual no es, de hecho, sino la realidad de una representación empírica, es decir, fenómeno. Decir que existe un fenómeno antes de la percepción significa, o bien que hemos de encontrarnos con esa percepción en el desarrollo de la experiencia, o bien no tiene ningún significado.²⁷⁰

Efectivamente, antes de que Einstein aplicara la geometría a la física, ampliando así la experiencia posible, nadie hubiera osado decir que los objetos euclidianos son algo más que meros objetos matemáticos carentes de referente empírico. Los objetos euclidianos son objetos empíricos sometidos a una geometría no intuitiva. Son los mismos objetos que percibimos euclídeamente, pues esa geometría es la de la intuición humana, pero al encontrarse sometidos a campos gravitatorios nos servimos de una geometría diferente para su manejo. Se nos dirá que un plano no euclidiano no puede intuirse empíricamente, ¿pero es que acaso un plano euclídeo puede intuirse empíricamente? Ciertamente, la curvatura es un concepto no intuitivo, pero su esquema de aplicación sensible a los objetos de la experiencia genera objetos no intuibles, pero enlazados con la experiencia posible, hasta el punto de ampliarla a una estructura no observable:

En efecto, si tratamos de una cosa en sí misma, se podría decir que existe en sí misma, sin relación con nuestros sentidos ni con la experiencia posible. Pero tratamos sólo de un fenómeno en el espacio y en el tiempo, que no constituyen, ni el uno ni el otro, determinaciones de las cosas en sí mismas, sino simples determinaciones de nuestra sensibilidad. Lo que hay en el espacio y en el tiempo (los fenómenos) no es, pues, algo en sí, sino mera representación que, de no sernos dada (en la percepción), no podemos encontrar en ninguna parte.²⁷¹

Una vez que la pasividad ha cumplido su cometido le toca a la espontaneidad determinar lo existente, es decir, constituir el objeto actual mediante la síntesis de la multiplicidad sensorial que lo presenta. Pues bien, la encargada de operar el enlace

²⁶⁹ *Ibíd.*, A 492-493/B 521.

²⁷⁰ *Ibíd.*, *Crítica de la razón pura*, A 493/B 521.

²⁷¹ *L. c.*, A 493/B 521-522; v. t. A 495/B523.

entre las representaciones del pensamiento y los datos de los sentidos (directa o indirectamente), será aquella función sintética del entendimiento expresada en la categoría de existencia:

La facultad de intuición sensible no es realmente sino una receptividad capaz de ser afectada, de un modo determinado, por representaciones cuya mutua relación constituye una intuición pura del espacio y del tiempo (meras formas de nuestra sensibilidad), por representaciones que, en la medida en que se hallan entrelazadas y en que son determinables en esa relación (en el espacio y en el tiempo) según las leyes de la unidad de la experiencia, reciben el nombre de *objetos*.²⁷²

Como se puede ver, el postulado de la realidad efectiva, al igual que el de la posibilidad en cuanto referido a la modalidad, no agrega nada a la determinación de la objetividad. Su función es establecer reflexivamente el fundamento de la capacidad de nuestro entendimiento para distinguir lo que son meras ensoñaciones de lo que es la realidad empírica.

Postulado de la necesidad.

Aquello cuya interdependencia con lo real se halla determinado según condiciones universales de la experiencia es (existe como) *necesario*.²⁷³

Kant no se refiere a la necesidad formal de los juicios apodícticos, sino a la necesidad material y real de la existencia de un objeto de la experiencia.²⁷⁴ La metafísica dogmática entendía la necesidad como la imposibilidad de no ser, pero al igual que ocurría con las nociones de posibilidad y realidad, no salía del ámbito de lo pensable. Frente a esto, Kant restringe el concepto de necesidad al ámbito de la lógica, rechazando su aplicación a la ontología. Por eso distingue entre necesidad lógica y necesidad real:

- *Necesidad lógica o analítica*: Es la necesidad formal en la conexión de los conceptos. Es la necesidad de los juicios. Su principio fundamental es el de no contradicción.
- *Necesidad real o sintética*: Es la necesidad material en la existencia de la cosa. Es la necesidad de las cosas:

²⁷² L. c., A 494/B 522.

²⁷³ *Ibíd.*, A 218/B 266.

²⁷⁴ Cfr. *Ibíd.*, A 226/B 279.

La necesidad absoluta de los juicios no es una necesidad absoluta de las cosas. En efecto, la necesidad absoluta del juicio constituye tan sólo una necesidad condicionada de la cosa o del predicado del juicio.²⁷⁵

Una proposición absolutamente necesaria no afirma que el objeto a que hace referencia sea absolutamente necesario. Así, por ejemplo, la proposición “un triángulo tiene tres ángulos” es una proposición absolutamente necesaria como todas las proposiciones de la geometría; pero ella no afirma que tres ángulos sean absolutamente necesarios, sino que afirma tan sólo lo siguiente: bajo la condición de que exista un triángulo, existen también de modo necesario tres ángulos en él.²⁷⁶

Que un juicio sea necesario no implica necesariamente la existencia de su objeto. La necesidad real de una cosa no se deriva del principio de no contradicción. Este principio sirve para demostrar la necesidad de un juicio, pero no sirve para demostrar la necesaria existencia de una cosa. De la negación de la existencia de algo no surge contradicción alguna. Por eso es contradictorio poner un triángulo y suprimir sus tres ángulos, porque afirmamos un sujeto y negamos un predicado necesario; pero no caemos en contradicción al negar la existencia porque suprimimos tanto el sujeto como el predicado:

“Dios es omnipotente” constituye un juicio necesario. No podemos suprimir la omnipotencia si ponemos una divinidad, es decir, un ser infinito, ya que el concepto de lo uno es idéntico al de lo otro. Pero si decimos que *Dios no existe* no se da ni la omnipotencia ni ningún otro de sus predicados, puesto que todos ellos han sido suprimidos junto con el sujeto, no mostrándose en este pensamiento la más mínima contradicción.²⁷⁷

Frente a lo lógicamente necesario, lo realmente necesario es aquello cuya existencia puede ser conocida *a priori*. Todo lo necesario tiene que ser conocido *a priori* como existente; por tanto, a partir de la mera posibilidad y de los conceptos. La existencia necesaria podría deducirse del concepto del ente a que se la atribuye:

Ahora bien, como la existencia de objetos sensibles no es cognoscible enteramente *a priori*, aunque sí lo sea comparativamente *a priori* –con referencia a otra existencia previamente dada– y como, incluso en este último supuesto, sólo podemos llegar a una existencia que tenga que estar contenida en un determinado contexto de la experiencia de que forma parte la percepción dada, nunca nos es posible conocer la necesidad de la existencia partiendo de conceptos, sino partiendo siempre de su conexión, según las universales leyes de la experiencia, con lo percibido.²⁷⁸

²⁷⁵ *Ibíd.*, A 593-594 /B 621-622.

²⁷⁶ *Cfr. L. c.*, A 593 /B 621.

²⁷⁷ *Ibíd.*, A 595/B 623.

²⁷⁸ *Ibíd.*, A 226-227/B 279.

Los principios del entendimiento puro obtienen su carácter sintético en la conexión con las condiciones materiales de la experiencia posible, cosa que también le ocurre a la existencia real aunque sea inferida. El carácter sintético no les viene a estos principios del concepto, como sucede con los principios de la razón.²⁷⁹ Aunque es cierto que la necesidad real es inferida no se trata de un razonamiento en el sentido aludido, aunque se da en virtud de él.

El conocimiento de la necesidad material de la existencia es una función de la razón; puesto que conocemos la existencia necesaria gracias a la relación que guarda con las condiciones o leyes de la experiencia. La razón es justamente la facultad que produce la unidad en las leyes del entendimiento por medio de principios y que, por tanto, no guarda relación inmediata con la experiencia, sino con la legalidad del entendimiento. De acuerdo con esto, el conocimiento racional será un conocimiento por principios, en el que conocemos lo particular en lo universal a través de conceptos. La existencia necesaria no puede ser conocida inmediatamente, sino tan sólo a través de una inferencia de la razón. Esta es, pues, la facultad que nos permite alcanzar un conocimiento de la necesidad:

En toda inferencia de la razón, pienso primero una *regla (major)* por medio del *entendimiento*. En segundo lugar, subsumo un conocimiento bajo la condición de la regla (*minor*) a través de la *facultad de juzgar (Urteilschaft)*. Finalmente, *determino* mi conocimiento mediante el predicado de la regla (*conclusio*) y, por tanto, *a priori* en virtud de la *razón*.²⁸⁰

No debemos, pues, confundir (como le ocurrió a Hume) “el pasar del concepto de una cosa a la experiencia posible (lo cual sucede *a priori* y constituye la realidad objetiva de ese concepto) con la síntesis de los objetos de la experiencia efectiva, la cual es siempre empírica, claro está”.²⁸¹

Por tanto, este postulado comprende como necesaria la existencia de un objeto determinada por su conexión con otro objeto efectivamente real, partiendo de las condiciones universales de la experiencia. La necesidad se funda en la unidad de una experiencia en general, en la cual tienen lugar todas las percepciones. Por eso la necesidad depende también de la sensación (directa o indirecta). En el postulado de la existencia fáctica la conexión con las condiciones materiales de la experiencia podía

²⁷⁹ *Ibíd.*, A 301/B 358, cit. en supra, 290 notas 118 y 119 .

²⁸⁰ *Ibíd.*, A 304/B 360-361.

²⁸¹ *Ibíd.*, A 766/B 794.

venir dada de modo indirecto,²⁸² enlazando así la existencia de un objeto mediante una percepción actual que sea indicio de su existencia. En el postulado de la necesidad sólo tenemos esa posibilidad, sólo que ahora no se apela a una percepción indirecta sino a una conexión necesaria con otra existencia; aunque puede suceder que esa otra existencia venga dada por una percepción indirecta. Solamente hay una manera de que los objetos de la experiencia puedan ser conectados entre sí y es la causalidad. El principio de causalidad, según el cual todo cuanto acontece en la esfera de los fenómenos está determinado *a priori* por su causa, se manifiesta como el único criterio seguro de la necesidad real. El concepto de causa “exige inapelablemente que algo, A, sea de tal índole, que otra cosa, B, le siga *necesariamente y según una regla absolutamente universal*”.²⁸³

Por consiguiente, la causalidad introduce una necesidad en la vinculación de los fenómenos entre sí, necesidad que nos permite conocer *a priori* la existencia de un objeto, en cuanto que podemos inferir necesariamente la existencia del efecto de la existencia de la causa. Por tanto, la existencia necesaria sólo puede ser conocida *a priori* de un modo comparativo, es decir, en relación con otra existencia dada.

Ahora podemos entender más claramente las dos importantes restricciones de este postulado:

- 1) La necesidad en la existencia no puede ir más allá del campo de la experiencia posible.
- 2) La necesidad que conocemos en el ámbito de la experiencia posible no se refiere a la existencia de las cosas en cuanto sustancias, sino exclusivamente a la de sus estados; ya que estos pueden ser inferidos de otros estados dados en la percepción según las leyes empíricas de la causalidad, las sustancias, por el contrario, nunca pueden considerarse como efectos empíricos.²⁸⁴

En la *Disciplina de la razón pura* encontramos el siguiente ejemplo, dado por Kant para ilustrar el modo de conocer la necesidad de la existencia, que ofrece con

²⁸² Cfr. *supra*, 345-347 nota 267.

²⁸³ *Ibíd.*, A 91/B 124.

²⁸⁴ Cfr. *Ibíd.*, A 227-228/B 280.

singular claridad cómo la necesidad real que podemos conocer los seres humanos es siempre una necesidad condicionada, es decir, hipotética:

La cera se derrite al ser iluminada por la luz solar, mientras que esta misma luz endurece la arcilla. Ningún entendimiento podría adivinar este hecho a partir de los conceptos de tales cosas, y mucho menos inferirlo conforme a leyes. Sólo la experiencia puede enseñarnos semejante ley. En la lógica trascendental hemos visto, en cambio, que, si bien nunca podemos ir *inmediatamente* más allá del contenido del concepto que nos es dado, sí podemos conocer *a priori* la ley de la conexión con otras cosas, aunque sólo en relación con un tercero, a saber, la experiencia *posible* y, por consiguiente, *a priori* al fin y al cabo. En consecuencia, si se derrite la cera que antes fuera sólida, puedo conocer *a priori* que algo ha tenido que preceder (por ejemplo, el calor solar), a lo que ha seguido ese derretirse de acuerdo con una ley constante, aunque, prescindiendo de la experiencia, no podría conocer *con certeza a priori* y de modo *determinado* ni la causa a partir del efecto, ni el efecto a partir de la causa.²⁸⁵

Este último postulado, al igual que los dos precedentes, no añade algo nuevo a la determinación de la objetividad del objeto de experiencia. El postulado de la necesidad revela que los principios de la metafísica de la experiencia son posibles en virtud de aquello que ellos mismos posibilitan: la experiencia posible. El fundamento último de la ontología crítica es la determinación trascendental. Se trata del criterio inequívoco de un conocimiento *a priori*, en cuanto se mantiene dentro de los límites de la experiencia posible:

Todo cuanto sucede es hipotéticamente necesario. Éste es un principio que somete a una ley los cambios ocurridos en el mundo. Es decir, los somete a la regla de la existencia necesaria, a una regla sin la cual no habría siquiera naturaleza.²⁸⁶

La necesidad hipotética o condicionada, posibilita la *natura formaliter spectata*.²⁸⁷ Este postulado consume el modo de pensar ontológico que nos pone en el camino seguro de la ciencia, pues sólo conocemos *a priori* de las cosas lo que nosotros mismos ponemos en ellas.²⁸⁸

El postulado de la necesidad pone de manifiesto que la legalidad universal y necesaria del entendimiento, constituye la auténtica legislación de la naturaleza como unidad sintética de lo múltiple de los fenómenos conforme a reglas; es, por consiguiente, *el principio supremo de todos los juicios sintéticos en cuanto a la posibilidad de la experiencia*. En cuanto formulación estricta y acabada del principio supremo de todos los juicios sintéticos, el postulado de la necesidad es el fundamento

²⁸⁵ *Ibíd.*, A 765-766/B 793-794.

²⁸⁶ *Ibíd.*, A 228/B 280.

²⁸⁷ Naturaleza en general como legalidad de los fenómenos en el espacio y en el tiempo.

²⁸⁸ *Cfr. Ibíd.*, B XVIII.

último de todos los demás principios de la ontología crítica, por eso podemos afirmar que está antepuesto jerárquicamente a todos ellos, a pesar de que únicamente puede ser determinado en relación con lo establecido en los principios que le preceden en la exposición:

Somos, pues, nosotros mismos los que introducimos el orden y regularidad de los fenómenos que llamamos *naturaleza*. No podríamos descubrir ninguna de las dos cosas si no hubieran sido depositadas allí desde el principio, bien sea por nosotros mismos, bien sea por la naturaleza de nuestro espíritu.²⁸⁹

Así como todas las categorías que se enlazan en la categoría de la necesidad, de forma que ésta se convierta en la categoría suprema de la filosofía trascendental, todos los principios pueden unificarse en el principio de la necesidad como principio supremo, el cual se expresa en los siguientes cuatro principios que resumen la totalidad del sistema de la ontología *a priori* de la naturaleza:

- *In mundo non datur hiatus*: Este principio expresa la necesaria contribución de las *categorías de la cantidad* a la experiencia. Prohíbe cualquier discontinuidad entre los fenómenos en el conjunto de las intuiciones empíricas en el espacio. Se trata de una especificación del principio de continuidad cuya formulación puede presentarse como sigue: *Nada que exhiba un vacío o simplemente lo tolere como parte de la síntesis empírica puede entrar en la experiencia.*
- *In mundo non datur saltus*: Este principio expresa la necesidad en la idea de la continuidad, en cuanto ésta se realiza en las *categorías de la cualidad* y en el principio de la magnitud intensiva. Prohíbe, por ello, cualquier salto en la serie de los cambios fenoménicos.
- *In mundo non datur casus*: Este principio sintetiza los dos anteriores enlazando la cantidad con la cualidad *en la relación*. Expresa la necesidad mediante la eliminación del azar del dominio de la naturaleza gracias a las analogías de la experiencia y, en particular, al principio de causalidad.
- *In mundo non datur fatum*: Este principio constituye el resultado de la reflexión trascendental acerca de los principios precedentes, y afirma que el sistema de los principios encuentra su culminación en la idea de una necesidad, que no es la de

²⁸⁹ *Ibíd.*, A 125.

un destino oscuro e incomprensible, sino la de una *inteligibilidad esencial de lo real*.²⁹⁰

²⁹⁰ Cfr. *Ibíd.*, A 228-229/B 280-282.

Quinta parte

Conclusiones.

Hacia una fundamentación ontológica de la Teoría de la relatividad.

Ni siquiera en el aburrimiento más profundo es posible “matar el tiempo”. Así pues, no sabemos cómo se irá llenando nuestro tiempo (nuestra vida). Pero sí sabemos que, mientras dure (no en vano la última categoría de cualidad es la “limitación”), estará *relativamente* llena (relativamente a estados anteriores y posteriores, en función de los cuales –entre la nostalgia y la esperanza, el recuerdo y la premonición– se mide la *intensidad* de lo percibido).

Felix Duque, *La fuerza de la razón*. Cap. IV, § 2.

Hacia una fundamentación ontológica de la Teoría de la relatividad.

1. Las leyes universales de la naturaleza. 2. Álgebra de la experiencia y planteamientos neokantianos. 3. El principio empírico de la Teoría de la relatividad. 4. Álgebra de la experiencia relativista. 4.1. Juicios sintéticos *a priori* de la ciencia natural relativista. 4.2. Axiomas pre-geométricos de la Teoría de la relatividad. 4.3. Principios perceptivos de la Teoría de la relatividad. 4.4. Relaciones espacio-temporales. 4.4.1. Principio de inherencia o de permanencia de la materia. 4.4.2. Principio de causalidad y de acción recíproca. 4.5. Postulados del pensamiento empírico. 5. Conclusión final.

1. Las leyes universales de la naturaleza.

Todo lo que ocurre en el Universo ocurre *necesariamente*. En ese sentido el término relatividad comienza a no describir lo que es la Teoría de la relatividad. La relatividad establece el principio de que las leyes de la naturaleza son las mismas para todos los observadores.

Tanto en física como en filosofía debemos distinguir entre las ideas de una teoría y la posterior aplicación de éstas ideas. Las ideas son, en general, sencillas, como corresponde al hecho de que son ideas que se les han ocurrido a los seres humanos, y, como decía Cervantes, los hombres son de ingenio parejo. Lo complejo de una teoría física no suelen ser sus ideas, sino sus algoritmos, es decir, el precio que hay que pagar en forma de métodos matemáticos o experimentales para descubrir una cosa muy sencilla. Como dijo Heidegger “el que sabe filosofar es el que ha aprendido a comprender que lo evidente de suyo es el auténtico tema de la filosofía”.¹

En el mundo relativista las leyes de la naturaleza son covariantes, tienen la misma forma en todos los sistemas de referencia (principio de covarianza o relatividad general). Para que algo exista con vigencia de ley tiene que ser lo mismo para todo el mundo, las leyes físicas son universales. El principio de relatividad dice, pues, que hay leyes de la naturaleza. En esa afirmación se sustenta la Física clásica, la cual parte de la idea de que el mundo está legislado. En el mundo clásico hay dos elementos que juegan un papel muy especial: el espacio y el tiempo. Estos conceptos son necesarios porque son el soporte de todo el estudio del Universo. Kant se dio plena cuenta de esto, por eso hizo de ellos intuiciones y no conceptos, tratando de eliminar así todo poso de dogmatismo de la metafísica. Los fenómenos ocurren en el espacio y en el tiempo, es al espacio y al tiempo, como formas puras de la intuición, a los que referimos los fenómenos y la posibilidad de su conocimiento. El espacio y el tiempo clásicos son “el lugar” donde se desarrolla la dinámica, pero son ajenos a la dinámica misma, no son afectados por ella, son absolutos.

En el programa de la Física clásica, instaurado por Galileo, era correcto. Galileo encontró las transformaciones que conducen de un sistema a otro. En estas

¹ Cfr. Heidegger, M., *Los problemas fundamentales de la fenomenología*. Traducción de Juan José García Norro, Trotta, Colección Estructuras y procesos, serie filosofía, Madrid 2000, § 9, p. 62.

transformaciones se dan dos tipos de cosas. Por un lado encontramos las coordenadas, tenemos tres ejes (x, y, z) de un sistema A, para pasar a otro sistema B definimos otras coordenadas diferentes (x', y', z') . Por otro lado encontramos el postulado de que el tiempo es el mismo en todos los sistemas de referencia ($t = t'$); dicho de otra manera, el tiempo tiene carácter absoluto. Así pues, en Física clásica el tiempo juega el papel de un parámetro. Cuando en física no se sabe lo que algo es se le llama parámetro, por lo que podemos decir que Galileo no sabía bien lo que es el tiempo en Física. Galileo postuló que el tiempo es el mismo para todos los sistemas de referencia, es invariante. Ninguna razón empírica podía hacer suponer que el tiempo transcurre de diferente manera en dos sistemas de referencia.

Einstein hizo un descubrimiento dramático, se dio cuenta de que el precio que hay que pagar para que las leyes de la naturaleza sean universales, es el de renunciar a un espacio y tiempo absolutos. Esto suponía una ruptura con la Física newtoniana, un choque con la visión tradicional del mundo; lo que conllevó a que fueran planteadas muchas dudas y reticencias a las posiciones de Einstein, especialmente a las que se refieren al tiempo. El tiempo es la propia vida, es lo que define nuestro ser, por eso cualquier cosa que afecte al concepto de tiempo nos afecta a nosotros muy especialmente. El dilema con el que se encontró Einstein era el siguiente: O mantenemos la universalidad y la necesidad de las leyes de la naturaleza (en concreto las del electromagnetismo) y renunciamos a un espacio y un tiempo absolutos; o mantenemos un espacio y un tiempo absolutos renunciando a la universalidad de las leyes de la naturaleza. Einstein optó por la primera opción.

Kant quería garantizar la universalidad y necesidad de las leyes de la naturaleza, pero no a cualquier precio. Quería resolver el problema de Descartes, por eso debía explicar la correspondencia que se da entre la *res cogitans* y la *res extensa* sin tener que recurrir a una metafísica dogmática. Kant se encontró con el espacio y el tiempo absolutos de la física de su tiempo y postuló la realidad empírica y la idealidad trascendental de ambas nociones.

Con Einstein se produce un cambio crucial: el paso del espacio y el tiempo al espacio-tiempo. En el nuevo marco conceptual el tiempo deja de ser un parámetro absoluto para adquirir el papel de una coordenada, es decir, el tiempo deja de ser el

mismo para todos los sistemas de referencia, teniendo que introducir un tiempo propio para cada uno de ellos ($t \neq t'$). Surge así una formulación de la física en cuatro dimensiones. Curiosamente, las ecuaciones de la física, escritas en cuatro dimensiones son mucho más sencillas y elegantes, es decir, más “intuitivas”. Eso no quiere decir que a partir de una expresión escrita en cuatro dimensiones no se pueda pasar a su forma clásica, pero formalmente se hacen más complejas. El marco espacio-temporal es más adecuado que el clásico, desde el punto de vista formal de las leyes de la naturaleza.

La Teoría de la relatividad fue formulada por Einstein en dos etapas. La primera etapa es la relatividad restringida, la cual se refiere a los sistemas de referencia inerciales, que son aquellos que se mueven uno con respecto al otro con movimiento rectilíneo y uniforme, es decir, exentos de aceleraciones. Pero Einstein dio un paso más en aquello que ya, ciertamente, no tiene precedentes y que constituye su aportación fundamental a la física: la teoría general de la relatividad. La relatividad general amplía el programa establecido para la Teoría de la relatividad especial a todo tipo de sistemas, inerciales y no inerciales (principio de covarianza general). Pero fundamentalmente la idea es la misma: establecer que las leyes de la naturaleza tienen que tener la misma forma para todos los observadores.

Para la formulación de la relatividad general Einstein se benefició de que hubiera un programa paralelo al de la geometría euclídea. Este programa, que comenzó con la aparición misma de la geometría euclidiana, estaba casi recién concluido. Einstein se encontró con la geometría diferencial, que es la base de la descripción de las geometrías no euclídeas, perfectamente desarrollada. Este formalismo matemático fue el que le permitió formular la relatividad general. La aplicación a la física de estas geometrías representa un paso más en la crítica del espacio-tiempo. Con el nuevo formalismo físico-matemático se pone radicalmente en cuestión que el tiempo sea el mismo para todos los sistemas de referencia; ahora tenemos que aceptar que la naturaleza del espacio-tiempo tiene poco que ver con nuestra experiencia diaria. El espacio-tiempo no es necesariamente euclídeo.

La intuición pura deja de ser la única forma de intuición de la naturaleza, abandona su carácter absoluto. Por eso, si queremos seguir dando una explicación a la

aplicación de la matemática al mundo fenoménico, debemos “relativizar” la intuición pura. La intuición pura es la forma de intuición de la geometría euclidiana, pero no es la única intuición *a priori* que existe. Las nuevas geometrías deben tener su propio modo de intuir que garantice la trascendentalidad del conocimiento. Ahora bien, para poder aplicar el principio de covarianza a la intuición pura debemos mantener algo invariante. Lo invariante dentro de nuestro sistema es el tiempo (y su modalidad espacial) como forma pura de la intuición en general, es decir, el continuo antes de recibir determinación alguna.

2. Algebra de la experiencia y planteamientos neokantianos.

Para poder relacionar la ontología kantiana con la Teoría de la relatividad (especial y general) debemos resolver, de entrada, el problema que plantean las geometrías no euclídeas. Para ello elaboramos un álgebra de la experiencia, según el cual las geometrías no euclídeas pueden seguir considerándose fruto de una intuición intrateórica. El carácter intuitivo de las geometrías no euclídeas les viene del *esquema espacial*, el cual, como todo esquema, es una determinación trascendental del tiempo, y éste es siempre intuitivo en virtud de su irreversibilidad. El espacio es entendido como la modalidad sucesiva (reversible) del tiempo. La *intuición intrateórica* viene del esquema espacial y se llama intuición porque el tiempo es siempre intuitivo, prueba de ello es que las geometrías euclidianas tienen a su base la geometría diferencial euclidiana. Cuando hablamos de las coordenadas gaussianas vimos que las superficies con curvatura de las geometrías no euclídeas pueden ser tratadas como planos si los tomamos infinitesimalmente, pues bien, en estos planos infinitesimales vale la geometría euclidiana.² Este argumento está ya en Natorp y en Cassirer, pero el que más lo desarrolló fue Karl Bollert.³ Podríamos decir que las geometrías no euclidianas son analíticas en su especie pero sintéticas *a priori* en su género y todo lo que se predica del género se predica de la especie.

² Vid., supra, 187 nota 44 y 216.

³ Bollert. K., *Einsteins Relativitätstheorie und ihre Stellung im System der Gesamterfahrung*, Dresde, Steinkopf, 1921, pp. 62-65.

Esta teoría no hace que las geometrías no euclídeas se tornen intuitivas, como pretendiera Helmholtz. La intuición intrateórica sólo supe esa carencia de cara a su inclusión en la filosofía kantiana. Las geometrías no intuitivas pueden reconciliarse con la experiencia posible gracias a que se pueden conectar con los objetos euclídeos. Este hecho se debe a que también se fundamentan en un tiempo (espacio) ideal, forma pura de la intuición humana. Los objetos euclidianos no requieren de la percepción para tener intuición, pues se valen de la intuición pura, pero su existencia sí depende de la percepción. La intuición intrateórica es postulada por el álgebra de la experiencia para sustituir a la intuición pura, pero sólo percibimos los objetos euclidiánamente. Si los objetos sólo pueden ser percibidos euclídeamente la existencia de objetos no euclídeos sería indemostrable, lo cual equivale a hablar de puras quimeras, pero de tales objetos tenemos indicios. La percepción del mundo no euclidiano será indirecta, en virtud de su necesaria conexión causal con los objetos directamente percibidos. Se trata de dar un rodeo lógico que explique la manera en que las geometrías no intuitivas continúan el infinito proceso de construcción de la experiencia posible.

Pero los problemas no terminan con la geometría, los principios de la Teoría de la relatividad son tomados por el neopositivismo como eminentemente empíricos.⁴ Sin embargo, en un breve artículo de E. Adam titulado “Zur erkenntnistheoretischen Bedeutung des Relativitätsprinzips”⁵ 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 las concepciones de Hendrik Antoon Lorentz y las de Einstein es que para éste el principio de relatividad es un postulado, mientras que para aquél no lo era:⁶

[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...⁷

⁴ Cfr. Schlick, M., *Allgemeine Erkenntnislehre*. Suhrkamp, Francfort, 1979, p. 95.

⁵ *KS*, 50 (1958-1959), pp. 405-408.

⁶ Cfr. Sánchez Ron, *el origen y desarrollo de la relatividad*, Madrid, Alianza, 1983, p.62.

⁷ Einstein, A., “Zur Elektrodynamik bewegter Körper”. En *Annalen der Physik*, 17, pp. 891-921, 1905. *Apud.*, Sánchez Ron, J. M., *Loc. cit.*

La Teoría de la relatividad especial se sustenta también de otro principio: el postulado de la constancia de la velocidad de la luz. Nosotros pensamos que este postulado es también, y por idénticos motivos que el anterior, un juicio sintético *a priori*. Se puede objetar 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.

Otros autores, como Reichenbach, consiguen reconciliar a Kant con Einstein cambiando el sentido del término *a priori*. 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 ser tenida en cuenta. En ella se pregunta “¿con qué principios se hace unívoca la coordinación entre ecuaciones y realidad?”⁸

Nosotros planteamos esta cuestión al establecer la relación entre los objetos no euclidianos y su existencia, respondiendo que la “coordinación” viene mediada por las relaciones establecidas en las analogías de la experiencia.

En resumen, lo que tratamos de defender es que la aparición de la Teoría de la relatividad cambia algunos planteamientos básicos de la Física newtoniana, pero la epistemología kantiana no se ve arrastrada en la caída de ésta.⁹

3. El principio empírico de la Teoría de la relatividad.

Lo que hace que la relatividad sea interpretada como una teoría empírica es el *principio de equivalencia*. Se trata de una ley empírica, o como diría Carnap, una generalización inductiva. Este principio dice que la masa inercial es igual que la masa gravitatoria, es decir, hace que la *gravedad* y la *inercia* sean la misma cosa. Esta genial idea es necesaria si queremos hacer depender la gravitación de la

⁸ Reichenbach, H., *Die philosophische Bedeutung der Relativitätstheorie*, Vieweg & Sohn Braunschweig-Wiesbaden, 1979, p. 273.

⁹ La filosofía de Kant no es solamente una fundamentación de la Física newtoniana. Cfr. Sellien, E., “Die erkenntnistheoretische Bedeutung der Relativitätstheorie”, *KS, Ergänzungsheft* n° 48, Berlín, 1919, pp. 15.

geometría del espacio-tiempo. Los conceptos de masa inercial y masa gravitatoria expresan propiedades *a priori* diferentes de la naturaleza y son, por tanto, diferentes. Sin embargo, ya en el marco de la Física newtoniana, la experiencia demuestra que eligiendo un sistema de unidades adecuado, sus valores son idénticos, por lo que en la práctica no se establecen diferencias entre ambos. Este hecho, conocido tanto por Newton como por sus seguidores, será aprovechado por Einstein en su Teoría de la relatividad general al establecer un marco conceptual en el que ambas masas sean una misma entidad física. Al hacer depender la gravitación de la geometría se consigue simplificar bastante las leyes físicas, si bien, hay que introducir una geometría no euclídea.

Primera interpretación.

Lo que decide que geometría es la válida en su aplicación a la física, es la *experiencia*. Los axiomas de la geometría no serían más que convenciones, decidiendo la experiencia cual de ellas es la adecuada.

El principio de equivalencia puede ser considerado como un principio empírico, pero incluso en ese caso la Teoría de la relatividad no refutaría a la filosofía trascendental. Para poder hablar de la experiencia debemos establecer sus condiciones de posibilidad, y éstas se fundamentan necesariamente en juicios sintéticos *a priori*, porque de lo contrario tendríamos que recurrir a dogmas de fe si queremos justificar la aplicación de la matemática al mundo. Además, si consideramos que lo empírico es aquello que siendo independiente de las teorías físicas, les proporciona objetividad, eliminaremos la universalidad de las leyes de la naturaleza, nada más alejado de los planteamientos de Einstein. Dicho de otra manera, es posible establecer un principio empírico, pero sólo en el marco de una experiencia posible. Aunque fuera la experiencia la que decidiera qué geometría es la más adecuada para describir la naturaleza, tal cosa no significa que la geometría sea un conjunto de convenciones arbitrarias. La matemática toda tiene que tener a su base un tipo de intuición (intrateórica) que sea acorde con la intuición pura de la geometría euclídea. De ser eliminada esta suposición, dejaríamos inexplicada las relaciones entre la matemática y el mundo empírico.

Segunda interpretación.

Podemos adoptar también la perspectiva del “convencionalismo crítico”, según la cual la experiencia no enseña de modo unívoco qué geometría es la adecuada.¹⁰ En efecto, para decidir entre dos teorías físicas que sean lógicamente incompatibles pero empíricamente equivalentes debemos postular un criterio previo que no tiene que ver con la experiencia. La Teoría de la relatividad rompe con la Física clásica al adoptar una geometría en la que las fórmulas físicas adoptan una forma simple, es decir, al adoptar un criterio de simplicidad.

Si esto es así, la Teoría de la relatividad podría ser entendida euclidiánamente con sólo cambiar el criterio que la inspira. Carnap trata este tema al referirse a Poincaré en el capítulo XV de *La fundamentación lógica de la física*. En este capítulo nos explica que, efectivamente, 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.¹¹ Los objetos no euclídeos, es decir, aquellos fenómenos que se explican mediante una estructura espacial no intuitiva, pueden también ser explicados mediante una geometría euclidiana. Como explica Poincaré en *Science and Hypothesis* (1905), para explicar el espacio fenoménico no euclídeo se puede conservar una geometría euclidiana y adoptar nuevas leyes, según las cuales todos los cuerpos sólidos sufren ciertas contracciones y expansiones:

En lugar de abandonar la geometría euclidiana, podríamos decir que la diferencia se debe a una curvatura de los rayos de luz. Si introducimos nuevas leyes para la deflexión de los rayos de luz, siempre podremos hacerlo de tal manera que sea posible conservar la geometría euclidiana.¹²

Con ello conseguimos una geometría más sencilla, pero el precio a pagar es muy alto, ya que las leyes de la naturaleza adoptan una forma sumamente compleja.

¹⁰ El “convencionalismo crítico” toma su base en Poincaré y en Dingler. *Vid.*, Reichenbach, H., *La filosofía científica*. Traducción de Horacio Flores Sánchez, FCE, Mexico, 1953, p 142. *Vid.*, supra, 246 nota 52.

¹¹ Cfr. Carnap, R., *Fundamentación lógica de la física*. Edit. Sudamericana, Buenos Aires, 1969, pp. 195-204.

¹² *Ibíd.*, p. 196.

Según el convencionalismo, Einstein habría optado por un marco conceptual que simplifique las leyes de la física. Así pues, no es la experiencia la que decide que geometría es la adecuada para describir la naturaleza, sino que se adopta una u otra en función del criterio de simplicidad que elijamos.

Tercera interpretación.

Podríamos decir que el principio de equivalencia es un postulado de la Teoría de la relatividad que responde a un criterio de simplicidad convencional. Sin embargo, pensamos que tanto la elección de uno u otro criterio de simplicidad, como entender que el principio de equivalencia es eminentemente empírico, resulta indecidible desde el punto de vista de la razón pura.

Cosa diferente ocurre con el principio de relatividad, puesto que postula una necesaria conexión entre los diferentes sistemas de referencia, considerándolo el propio Einstein un postulado de su teoría. El principio de constancia de la velocidad de la luz tampoco puede considerarse empírico porque establece *a priori* un límite máximo para la velocidad en el Universo.

Ahora bien, si el principio de covarianza o de relatividad es un principio necesario de la experiencia posible, puesto que postula una necesaria conexión entre los diferentes sistemas de referencia, y este principio requiere a su vez del principio de equivalencia para poder ser aplicado a todos los sistemas de referencia, se deduce que el principio de equivalencia debe ser un principio universal y necesario. Si el principio de equivalencia es universal y necesario no puede ser un mero principio empírico, sino un principio *a priori* que permite enlazar sintéticamente los fenómenos de la experiencia posible bajo unas leyes que conservan universalmente su forma. Como dijo Einstein, “no existe ningún método inductivo que guíe hasta los conceptos fundamentales de la física. El desconocimiento de esto constituyó el error filosófico básico de muchos estudiosos del siglo XIX”.¹³

¹³ Beveridge, W. I. B., *The Art of Scientific Investigation*. Vintage, Nueva York, 1950, p.77.

4. Álgebra de la experiencia relativista.

4.1. Juicios sintéticos a priori de la ciencia natural relativista.

Para establecer los fundamentos apriorísticos de la física einsteiniana debemos entender que el concepto de materia se refiere tanto a la masa como a la energía. Ciertamente para la Teoría de la relatividad, la masa de un cuerpo aumenta con la velocidad, pero eso no significa que la materia de un móvil varíe. La materia permanece, es una característica de los cuerpos en general. La materia, como concepto metafísico, no está afectada por relatividades, siempre será un espacio lleno de tiempo.

La masa en Física clásica es una característica del móvil. En la Teoría de la relatividad la masa no es una característica del móvil, sino que depende del sistema de referencia adoptado, es decir, de su velocidad relativa. Sin embargo, tanto en Física clásica como en relatividad el peso y la masa son proporcionales.

El espacio y el tiempo en la física de Newton son absolutos, por eso en la filosofía de Kant coincide el concepto metafísico de espacio y tiempo con el concepto físico. Sin embargo, en la física de Einstein espacio y tiempo son relativos. Por tal motivo, si queremos que la filosofía de Kant tenga sentido en la concepción relativista, debemos distinguir entre espacio y tiempo como conceptos metafísicos (simultaneidad pura y sucesión pura) y espacio y tiempo como magnitudes (fenómenos) físicos.

El tiempo como forma pura (y el espacio como modalidad suya) es susceptible de recibir diferentes estructuras.¹⁴ Tales estructuras son de carácter intuitivo en la geometría euclídea o de naturaleza esquemática (esquema espacial) en el resto de geometrías. El tiempo y el espacio como magnitudes físicas dependen de la masa y, en este sentido, son empíricos, pero su posibilidad es *a priori*, tal como

¹⁴ Cfr. Sellien, E., “Die erkenntnistheoretische Bedeutung der Relativitätstheorie”, *Ks*, *Ergänzungsheft* n° 48, Berlín, 1919, pp. 18-19.

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. Cfr. Javier de Lorenzo, *Kant y la matemática*, Tecnos, Madrid, 1992, p. 37.

vieron Eduard Sellien¹⁵, A. C. Elsbach¹⁶, Paul Natorp¹⁷ o Ernst Cassirer¹⁸. Tal aprioridad se manifiesta en los postulados de la Teoría de la relatividad los cuales, como veremos a continuación, son sintéticos *a priori*.

Einstein sustituyó la fuerza gravitatoria por un espacio no euclídeo. Este espacio no euclídeo elimina la fuerza gravitatoria metafísica por un álgebra de la experiencia, también *a priori*, más conforme a las percepciones fenoménicas.

La mecánica se ocupa de la acción recíproca de las fuerzas. Einstein sustituye la acción recíproca, por unas propiedades del espacio que se modifican en función de la materia que se da en él (siendo sólo apreciable para los cuerpos con grandes masas, pero que se supone para todos los cuerpos). Esto supone una aproximación de la acción de los cuerpos sobre el espacio, una infinita aproximación de la naturaleza a la idea.

En relatividad no existe el reposo absoluto, pero sí el relativo. Como la materia se percibe por su movimiento, el reposo ha de ser considerado como un movimiento infinitesimal, el cual es percibido como nulo dentro de un mismo sistema de referencia.¹⁹

Dado que Einstein no logró unificar toda la física, la razón por la que los cuerpos sean impenetrables se sigue debiendo a unas fuerzas fundamentales. La fuerza expansiva pertenece al cuerpo, a la masa, el cual se mantiene unido por la fuerza atractiva. Esta fuerza sólo se da en el cuerpo, no se trasmite a distancia, pero deforma el espacio-tiempo con una velocidad finita, generando un campo gravitatorio.

Las fuerzas que originan la impenetrabilidad de los cuerpos tienen un grado, el espacio-tiempo tiene un grado de curvatura, la velocidad tiene un grado, en resumen, el Universo es un agregado de intensidades. Toda magnitud intensiva es susceptible de variar su grado de intensidad, no es absoluta, es relativa.

¹⁵ Cfr. Sellien, E., *Art. Cit.*, 1-59.

¹⁶ Cfr. Elsbach, A. C., *Kant und Einstein*, Berlín-Leipzig, Walter de Gruyter, 1924.

¹⁷ Cfr. Natorp, P., *Die logische Grundlagen der exakten Wissenschaften*, Leipzig, Teubner, 1910, p. 338 y 396.

¹⁸ Cfr. E. Cassirer, *Zur modernen Physik*. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1972, p. 68.

¹⁹ Cfr. *MANW.*, 28 (Ak., IV, 485, 7-486). Sucede lo mismo que con el contacto físico absoluto, *Vid.*, supra, 152.

4.2. Axiomas pre-geométricos de la Teoría de la relatividad.

Lo sintético *a priori* en la Teoría de la relatividad acontece, primeramente en la posibilidad de aplicar la matemática al mundo no directamente intuible. Tal posibilidad la explicamos en lo que llamamos axiomas pre-geométricos y que se corresponden con los axiomas de la intuición pero mediados por el álgebra de la experiencia. Gracias a esta modificación, el principio de los axiomas pre-geométricos puede conservarse casi intacto: *todos los fenómenos son, en virtud de su intuición directa o intrateórica, magnitudes extensivas.*²⁰

4.3. Principios perceptivos de la Teoría de la relatividad.

El enunciado del principio de las anticipaciones de la percepción se conserva casi intacto: *en todos los fenómenos (directa e indirectamente intuibles), la sensación – y lo que en ella corresponde a los objetos (realitas phaenomenon)– posee una magnitud intensiva, es decir, un grado.*²¹

Los principios perceptivos, o anticipaciones de la percepción, se fundan en las categorías de la cualidad. La categoría de limitación es necesaria para que algo pueda ser percibido. La Teoría de la relatividad corrige así esta deficiencia de la Física clásica y de la filosofía kantiana, ya que introduce un límite superior para la velocidad de propagación de todo aquello que podamos percibir. Además elimina la posibilidad de que un cuerpo con masa llegue a alcanzar dicha velocidad.

Como consecuencia de ello, la Teoría de la relatividad establece: que si la velocidad de los cuerpos con masa igualara a la de la luz se produciría una contracción máxima del espacio y una dilatación máxima del tiempo para ese cuerpo. Ello haría que el Universo percibido desde él fuera adimensional, un punto infinitamente denso, una singularidad absoluta, por lo que no se podría percibir. Por el contrario, si la velocidad fuese cero, tendríamos un Universo infinito. Nuestro

²⁰ Cfr. *KrV.*, A 162.

²¹ Cfr. *Ibíd.*, A 166.

Un universo es finito pero ilimitado,²² posee una estructura espacio-temporal gracias a que las velocidades relativas que se dan en él tienen un grado entre cero y c .²³

El universo tiene una intensidad que es el sumatorio de todas las intensidades, así como el espacio-tiempo tiene una curvatura constante, suma de todas las curvaturas parciales.

Un universo como el newtoniano supone la existencia de un infinito actual, el cual no es intuible. El universo relativista, finito pero ilimitado, sugiere que el universo es un infinito potencial, es decir, un universo intuible.

La categoría de limitación determina el reposo como límite inferior y como límite superior el valor de la constante c , que se corresponde con la velocidad de la luz en el vacío. Que exista una limitación en la velocidad es necesario, ya que de la velocidad infinita no podemos tener percepción alguna. Esta constante se determina empíricamente, sin embargo sabemos *a priori* que para que se dé la experiencia posible (causalidad) tienen que establecerse los límites donde se pueda dar. El intervalo temporal delimita la experiencia directa, pero el intervalo espacial requiere una teoría que lo haga comprensible (no un álgebra de la experiencia, porque ésta requiere la percepción indirecta de los fenómenos) para poder ser enlazado. No olvidemos que el postulado de la constancia de la velocidad de la luz es un requerimiento *a priori* de la Teoría de la relatividad, por consiguiente no es empírico, es un límite impuesto a la naturaleza de manera universal y necesaria.

Por tanto, la existencia de un límite superior de la velocidad de la luz determina el marco de la experiencia posible directa, todo lo que se dé en un intervalo espacial podrá ser entendido mediante la teoría, no mediante la observación ya sea directa o indirecta. Según esto la Teoría de la relatividad tendría una parte sintética *a priori* y otra parte puramente analítica, la parte analítica sólo podrá ser caracterizada de manera analógica, pues es aquella en la que las categorías esquematizadas dejan de poder ser aplicadas. Algo parecido ocurre en la mecánica

²² Cosa que no significa que no tenga límites, sino que no podemos encontrarlos debido a nuestra dimensionalidad. Que el universo sea ilimitado, en este sentido, hace que sea un mundo fenoménico, un infinito potencial pero no actual. De hecho, no es infinito, sólo ilimitado.

²³ La velocidad es una magnitud intensiva, de ahí que se le apliquen las categorías de la cualidad.

cuántica, en la cual se rompe el marco de la causalidad a favor del marco de la complementariedad de Bohr.

4.4. Relaciones espacio-temporales.

Las analogías de la experiencia reformuladas a la altura de la Teoría de la relatividad han de contemplar la relatividad de la masa, así como el postulado de la constancia de la velocidad de la luz en el vacío.

Como principio general puede conservarse el de la segunda edición del la *Crítica de la razón pura*: “la experiencia sólo es posible mediante la representación de una necesaria conexión de las percepciones.”²⁴ Las percepciones pueden ser conectadas entre los diferentes sistemas gracias al principio de covarianza (especial y general). Como dijo E. Adam, 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.²⁵

Dado que el principio de relatividad general no puede ser aplicado sin postular el *principio de equivalencia*, concluimos que este último debe ser entendido como un principio necesario para que puedan darse leyes universales en la naturaleza.

4.4.1. Principio de inherencia o de permanencia de la materia.

Entendemos que la sustancia es el sustrato gracias al cual se da lo permanente en el tiempo, lo permanente en el tiempo es la materia (masa y/o energía). Su principio se enuncia así: *en todo cambio de los fenómenos (directa e indirectamente intuitivos) permanece la materia, y el quantum de la misma no aumenta ni disminuye en la naturaleza.*²⁶ Masa y/o energía son de naturaleza empírica, pero en tanto que permanentes en el tiempo son *a priori*.

²⁴ *Ibíd.*, A 176/B 218.

²⁵ Cfr. *supra*, 361 nota 5.

²⁶ Cfr. *Ibíd.*, B 224.

El grado de masa que llena un volumen determina el grado de curvatura del espacio-tiempo. Como la suma total de materia es constante en el Universo, éste tiene necesariamente un grado de curvatura constante y positivo; eso hace que sea finito y más o menos esférico. A su vez, el Universo einsteiniano, ilimitado pero finito, permite que la cantidad de materia (masa o energía) que en él se da pueda mantenerse constante, cosa que era difícilmente aplicable en un Universo infinito como el de la Física newtoniana. Ante este argumento estamos tentados a decir con Natorp que la Teoría de la relatividad no sólo no contradice a la *Crítica de la razón pura*, sino que la corrobora,²⁷ al menos en algunos aspectos.

4.4.2. Principio de causalidad y de acción recíproca.

La gravitación universal de la Física newtoniana establece una simultaneidad recíproca instantánea entre todos los cuerpos del Universo. Kant defendió la idea de una acción causal a distancia como condición de posibilidad de la experiencia. Desde el marco conceptual de la Teoría de la relatividad la acción a distancia es imposible. Sólo existiría acción a distancia desde la perspectiva de un objeto que fuera a la velocidad de la luz, en el sentido de que el espacio se contrae y el tiempo se dilata infinitamente,²⁸ pero no así para el observador que es el que genera la experiencia posible.

La atracción a distancia no se da, se da acción causal instantánea sólo entre cosas adyacentes, y aún así existe un lapso mínimo de tiempo. Este lapso mínimo de tiempo puede ser despreciado. Kant también desprecia el espacio mínimo que se da en entre dos objetos contiguos cuando habla de la mecánica en los *Principios metafísicos de la ciencia natural*.²⁹ En esta misma obra, al tratar el tema de la dinámica, Kant establece un par de fuerzas que dan cohesión a la materia. Una fuerza es de atracción y la otra de repulsión.³⁰ La fuerza de atracción en la Teoría de

²⁷ Cfr. Natorp, P., *Op. cit.*, 403.

²⁸ Además, tal cosa no puede darse porque su masa se haría infinita, requiriendo una energía infinita. Las partículas que se aceleran hasta alcanzar velocidades próximas a la de la luz tienen una masa muy pequeña. Los corpúsculos que alcanzan la velocidad de la luz tienen naturaleza dual, transformándose en una onda (energía) cuando alcanzan dicha velocidad.

²⁹ *Vid.*, supra, 152. Este mismo argumento para el caso del reposo, *q. v. supra*, 367 nota 19.

³⁰ Cfr. *MANW.*, 46 (Ak., IV, 498, 16 ss.).

la relatividad sólo se daría en el interior del cuerpo, pues lo que se trasmite no es una fuerza, sino una deformación en la geometría del espacio-tiempo, como corresponde a la idea de campo físico. Era intención de Einstein unificar toda la Física bajo principios relativistas, estableciendo una teoría del campo unificada, pero tal cosa no fue posible.³¹

El problema de eliminar la acción a distancia instantánea, o si se prefiere, introducir un límite al valor de la velocidad de propagación de la acción causal, es que el concepto de simultaneidad se torna problemático. Si ninguna acción causal se propaga a una velocidad superior a la de la luz, la simultaneidad absoluta sólo puede atribuirse a hechos que ocurran en un mismo lugar (simultaneidad local); en los demás casos, la simultaneidad es definida por convenio y relativa al marco de referencia que se elija.³²

La relatividad de la simultaneidad implica la relatividad de la sucesión, pero el orden de sucesión de dos fenómenos es absoluto dentro de un intervalo temporal. Es decir, dados dos fenómenos A y B, A precede a B con respecto a todos los sistemas de referencia, cuando la distancia espacio-temporal entre A y B es tal que una acción causal iniciada en el lugar de A al tiempo de ocurrir este fenómeno, puede, en principio, afectar a B.³³

Las leyes de la física son las mismas independientemente del sistema de referencia empleado, tal como dice el principio de relatividad, por este motivo. Las ecuaciones de transformación de Lorentz permiten relacionar diferentes sistemas teniendo en cuenta la única magnitud absoluta que encontramos en la física relativista, la constante c .

Esta conclusión corrobora el análisis kantiano de la función del concepto de causalidad en la ordenación de la experiencia: también en la física relativista sólo la conexión causal entre dos fenómenos autoriza para establecer el orden objetivo de sucesión entre ellos.

³¹ El propósito de Einstein era reunir en una sola fórmula la explicación de los campos gravitatorios y electromagnéticos. Cfr. Wisehart, M. K., "A Close Look at the World's Greatest Thinker". *American* (junio de 1930), p. 21. En Brian, D., *Einstein*. Acento, Madrid, 2005, p. 278.

³² *Vid.*, supra, 334 y 337.

³³ Weyl, H., *Space-Time-Matter*. Dover Publications, New York, 1952, pp. 174-177; v a., Minkowski, H., "Space and time", en *The Principle of Relativity*. Dover Publications, New York, 1952, pp. 75-91.

Como vimos al hablar del “espacio-tiempo fantasma” de Minkowski, el presente es el punto de inflexión en el que se unen los sucesos pasados cuyos efectos pueden alcanzarme, con aquellos sucesos futuros alcanzables por mis efectos. Los sucesos que caen fuera de mi intervalo temporal, es decir, en un intervalo espacial, solamente podrán ser conocidos cuando sus efectos me afecten, cuando entren en mi “cono de luz”. En este sentido mi cono de luz es el horizonte de mi experiencia posible. El espacio-tiempo fantasma que descubrió Minkowski define para mí una región fantasma de la experiencia, puesto que está desconectada de mi experiencia posible.

Por consiguiente, el principio de causalidad de la Teoría de la relatividad puede enunciarse del siguiente modo: *todos los cambios tienen lugar de acuerdo con la ley que enlaza causa y efecto en un intervalo temporal, o si se prefiere, en mi experiencia posible.*³⁴

El principio de interacción sólo puede entenderse de manera empírica, perdiendo así su universalidad, la que sigue podría ser una de sus formulaciones: entre las sustancias que se pueden conectar causalmente puede establecerse una acción recíproca relativa, en virtud de la deformación espacio-temporal que generan los cuerpos masivos.

4.5. Postulados del pensamiento empírico.

El postulado de la posibilidad establece que lo que concuerda con las condiciones formales de la experiencia (desde el punto de vista de la intuición directa o indirecta y de los conceptos), es *posible*.³⁵

Según el postulado de la existencia “lo que se halla en interdependencia con las condiciones materiales de la experiencia (de la sensación) es *existente*.”³⁶ De la estructura de la geometría no euclídea no tenemos intuición y de sus objetos no tenemos sensación, pero contamos con la intuición intrateórica para la estructura espacio-temporal. La imposibilidad de tener percepción de los objetos de una

³⁴ Cfr. *KrV.*, B 232.

³⁵ Cfr. *Ibíd.*, A 218/B 265.

³⁶ *L. c.*, A 218/B 266.

geometría tal tampoco es problema, puesto que del postulado de la existencia no exige la *percepción* (y, consiguientemente, la sensación, de la cual somos conscientes) inmediata del objeto mismo, cuya existencia se trata de conocer, pero sí exige la conexión de tal objeto con alguna percepción efectiva de acuerdo con las analogías de la experiencia, las cuales establecen todo enlace real en una experiencia en general.³⁷

El postulado de la *necesidad*, lógicamente anterior a todos los demás, se declina en los principios que resumen el sistema de la ontología *a priori* de la naturaleza:³⁸

In mundo non datur hiatus e In mundo non datur saltus: Para ver la aceptación de estos dos principios baste recordar el rechazo que sentía Einstein hacia la Mecánica cuántica, debido a que esta introducía una discontinuidad fundamental en la naturaleza.³⁹ Einstein veía a la teoría cuántica como un inadmisibles juego de dados.⁴⁰

In mundo non datur casus: Este principio elimina el azar de la naturaleza. La frase de Einstein *Dios no juega a los dados* resume de una manera incomparablemente gráfica este principio.⁴¹

In mundo non datur fatum: Plantea una inteligibilidad esencial de lo real. La idea rectora de Einstein es esta. Por encima de todas las relatividades podemos encontrar unas leyes universales y necesarias. El planteamiento de Einstein es, en el fondo, completamente kantiano.

³⁷ Cfr. *Ibíd.*, A 225/B 272.

³⁸ Cfr. *Ibíd.*, A 228-229/B 280-282.

³⁹ *Vid.*, Popper, K. R., *Post Scriptum a la lógica de la investigación científica, Volumen III. Teoría cuántica y el cisma en física*. Traducción de Marta Sansigre Vidal, Tecnos, Madrid, 1995, pp. 30-34, 121-122, 164-167.

⁴⁰ Cfr. *Born-Einstein Letters*, núm. 81, Walker, Nueva York, 1971, p. 148. En Brian, D., *Op. cit.*, 524.

⁴¹ Cfr. Seelig, C., *Albert Einstein: A Documentary Biography*, p. 184. En Brian, D., *Op. cit.*, 495.

5. *Conclusión final.*

El planteamiento racionalista pretendió fundamentar filosóficamente la nueva física matemática establecida por Galileo. Para ello instauró una razón *more geometrico* que daba cuenta del mundo externo, el mundo de la extensión; pero con ello abrió una barrera infranqueable entre ambos planos, sólo reconciliable por una metafísica dogmática. La matemática se convirtió en el ideal de racionalidad, desprendiéndose del suelo que la vio nacer. Por otro lado, el recurso a la experiencia como la auténtica fuente del conocimiento de la naturaleza, despojaba a las leyes físicas y matemáticas de la universalidad y necesidad de que hacían gala.

Así pues, al intentar fundamentar el mayor descubrimiento de todos los tiempos, la Filosofía erró su camino iniciando una pérdida de sentido sin precedentes. Kant quiso atajar este problema instaurando una Filosofía diferente a las anteriores, pero que conservara los avances de éstas, nace así la Filosofía trascendental. El idealismo crítico es un punto de inflexión en la Historia de la filosofía. Sin la filosofía de Kant no se puede entender la filosofía posterior, como dijo Ortega, en Kant hace el pensamiento europeo un giro de ciento ochenta grados.

Sin embargo, una luz poderosa amenazaba con cegar la crítica kantiana de la razón. Se trataba de una nueva geometría destilada a través de los siglos, de manera callada pero implacable, eclosionando apenas un cuarto de siglo después de la muerte de Kant. La geometría no euclídea parecía eliminar la intuición pura del ámbito de la matemática. Este hecho dejaba a la ontología kantiana de la naturaleza fuera de lugar y, aunque el resto de su obra no se viera afectada aparentemente, el poso del descrédito se localizaba en su misma base.

Con la Teoría de la relatividad el problema se agravaba, puesto que Einstein adoptó una geometría riemanniana en su descripción física del Universo. Sin embargo, de esta aparente refutación de la gnoseología kantiana, es posible hacer surgir un *álgebra de la experiencia* acorde con la ontología de la naturaleza de Kant.

El hecho de que el ser humano pueda establecer una geometría no euclídea reclamaba una fundamentación ontológica. El *álgebra de la experiencia* aspira a ser tal fundamentación. Su corrección sólo puede sustentarse en que sea coherente con el resto del sistema en la que se inserta. No podemos hablar de la existencia o

inexistencia de los esquemas espaciales, de la intuición intrateórica o de la síntesis transfigurada, entre otras cosas porque la existencia es ya un concepto puro del entendimiento. Tan sólo podemos establecer la corrección de tales “conceptos” si son coherentes con el conjunto del sistema en que se integran.

Para poder dar cuenta de toda una región de objetos que responden a una configuración no euclidiana tenemos que postular un ámbito intrateórico de la experiencia. La *intuición intrateórica* fundamenta el conocimiento de esa región de objetos de la experiencia posible.

El álgebra de la experiencia comienza estableciendo que *el espacio es la modalidad simultánea del tiempo como forma pura de la intuición*. Debido a que el espacio es un modo del tiempo no se da sólo una configuración espacial, sino muchas. El tiempo permite estructurar esa “sucesión simultánea” que es el espacio, de diferentes maneras.

La separación lógico-real, que ya estableciera Kant en sus primeros escritos, imposibilita que el conocimiento pueda prescindir de la intuición. Por consiguiente, algún tipo de intuición deberá ser el responsable de que la naturaleza se deje expresar en una configuración carente de imagen. Ahora bien, el tiempo es esencialmente intuitivo debido a su irreversibilidad, eso nos permite postular unos *esquemas espaciales* que sustituyen a la intuición pura por una *intuición intrateórica* en la configuración del continuo ilimitado tempo-espacial o forma pura del mundo fenoménico. Cuando la estructura del espacio no se corresponde con la geometría de la intuición pura, se hace necesario establecer un tipo de intuición pura diferente.

De esta manera toda geometría es de naturaleza intuitiva, pero si no pudiera enlazarse con la percepción tal conocimiento sólo equivaldría a entretenernos con un mero fantasma, como dijo Kant. Por eso los objetos matemáticos fruto de una intuición intrateórica, se enlazan sintéticamente con la experiencia mediante las *analogías de la experiencia*, en particular mediante la categoría de causa y efecto.

La matemática es, pues, intuitiva porque surge de la vida y se aplica a ella y la esencia de la vida es su *temporalidad*. El mundo es el mundo del ser humano, el mundo tempo-espacial, un mundo necesariamente intuitivo. Si el ser humano quiere dar una explicación a la objetividad del conocimiento, sin necesidad de recurrir a

argumentos trascendentes, tiene que recurrir a argumentos trascendentales, y la recíproca.

Hemos llamado *álgebra de la experiencia* a este procedimiento trascendental porque define una relación necesaria entre los esquemas espaciales y la existencia de los objetos matemáticos a que se refieren. También puede ser denominada Álgebra trascendental de la experiencia, porque siendo enteramente *a priori*, permite fundamentar otros conocimientos *a priori*. La experiencia se genera en ese proceso, y consideramos que la Teoría de la relatividad da cuenta de la experiencia posible y la amplía. El álgebra de la experiencia es un álgebra de la lógica trascendental porque describe un procedimiento que justifica la universalidad y necesidad del conocimiento físico-matemático.

Nuestra doctrina cumple, pues, una función en el sistema kantiano porque siendo coherente con la filosofía de Kant, viene a llenar el hueco que las geometrías no euclídeas y su aplicación a la Teoría de la relatividad abrieron en él.

Con el álgebra de la experiencia pretendemos, pues, solventar los problemas de la filosofía kantiana debidos a la aparición de las geometrías no euclídeas, pero nuestro interés por la Teoría de la relatividad nos ha hecho ir más allá. Moritz Schlick dijo que todo intento que pretenda reconciliar a Einstein con Kant, tiene que descubrir en la Teoría de la relatividad principios sintéticos *a priori*. Una vez alcanzado el convencimiento de que podíamos sortear el obstáculo de las geometrías no euclídeas, hemos querido encontrar los principio sintéticos *a priori* de la Teoría de la relatividad.

La tarea es, en principio, compleja, pero se hace más llevadera si uno se da cuenta de que en esencia, la teoría de Einstein también es una crítica de la razón. Es una crítica al principio de causalidad, pero ahora no para despojarlo de su universalidad, sino para establecer los límites de su aplicabilidad y las leyes de transformación que regulan su tránsito entre los diferentes marcos de referencia. Si el sistema filosófico de Kant es capaz de fundamentar la razón en su uso práctico, la creatividad humana y la belleza... ¿Cómo no iba a poder fundamentar una teoría física que postula unas leyes máximamente universales, basadas en la más estricta causalidad?

Tal consideración es la que ha inspirado la presente investigación. Es posible que hayamos encontrado los juicios sintéticos *a priori* de la Teoría de la relatividad, también puede ser que hayamos acertado en unos y no en otros, o que no hayamos acertado en absoluto. También se puede sostener que los juicios sintéticos *a priori* no existen. Con nuestra apología de la filosofía kantiana no pretendemos dar con la clave del conocimiento, eso es imposible; en vez de eso, hemos adoptado el procedimiento de Kant, el cual hace del conocimiento la clave de toda reflexión. Pensamos que la cuestión de si la Teoría de la relatividad es empírica, racionalista o trascendental, no se puede resolver mediante argumentos racionales, depende de la manera que tenga cada uno de entender la filosofía, o como dijo Kant, “de pensar en todo momento de acuerdo consigo mismo”. Ahora bien, lo que sí hemos querido demostrar es que la gnoseología kantiana es lo suficientemente potente como para albergar en su seno los principio que dan origen a la Teoría de la relatividad.

Por otro lado, es preciso añadir que desde el punto de vista interno de la Filosofía de Kant, una cosa es lo que Kant piensa de su filosofía y otra lo que se desprende de su sistema. Kant, como todo filósofo, es un intérprete de su propia filosofía sometido a las limitaciones de su época. Nosotros no juzgamos el pensamiento propio de Kant, sino que adaptamos su filosofía a las geometrías no euclidianas y, a partir de ahí, interpretamos la Teoría de la relatividad kantianamente.

La aparición de la Teoría de la relatividad cambia algunos planteamientos básicos de la Física newtoniana, pero la epistemología kantiana no se ve arrastrada en la caída de ésta. La pretensión fundamental de Kant no fue fundamentar una ciencia concreta, sino fundamentar las condiciones de posibilidad de toda ciencia que merezca tal nombre. En ese sentido, la Teoría de la relatividad continúa siendo una ciencia clásica debido a sus ideales de universalidad y necesidad; de hecho, cuando en Mecánica cuántica se habla de Física clásica se suele incluir a la relatividad bajo esta denominación.

No obstante, el argumento fundamental de la investigación, insistimos, se centra en afirmar la filosofía de Kant ante la aparición de las geometrías no euclídeas. Para ello hemos elaborado una nueva doctrina que, ciertamente modifica

las enseñanzas de Kant, pero creemos que no tergiversa el espíritu de éstas. Y no lo tergiversa porque es una modificación puntual que no afecta al resto de la Filosofía del Maestro. Quizá, en el fondo, toda la complejidad de este tipo de cuestiones proceda de que se pretende reconciliar lo irreconciliable, quizá lo que se trata de explicar sea un arte recóndito en las profundidades del alma humana, cuyo verdadero manejo difícilmente adivinaremos a la naturaleza y podremos poner al descubierto.

Bibliografía.

I. Obras de Immanuel Kant.

I.1. Edición académica.

- *Kants Gesammelte Schriften*. Herausgegeben von der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften. Bände I-VII. Druck und Verlag von G. Reimer, Berlin, 1910-1917. Bände VII-XXVIII, W. de Gruyter und Co., Berlin und Leipzig, 1923-1972.

I.2. Otras ediciones.

- *Kritik der reinen Vernunft*. Nach der ersten und Zweiten Original-Ausgabe neu herausgegeben von R. Schmidt. F. Meiner Verlag, Hamburg, 1976.
- *Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik, die als Wissenschaft wird auftreten können*. Herausgegeben von K. Vorländer. Verlag von F. Meiner, Hamburg, 1965.
- *Grundlegung zur Metaphysik der Sitten*. Herausgegeben von K. Vorländer. Verlag von F. Meiner, Hamburg, 1965.
- *Kritik der praktischen Vernunft*. Herausgegeben von K. Vorländer. Verlag von F. Meiner, Hamburg, 1974.
- *Kritik der Urteilskraft*. Herausgegeben von K. Vorländer. Verlag von F. Meiner, Hamburg, 1974.
- *Kritik der Urteilskraft*. Werkausgabe Band X. Herausgegeben von W. Weischedel. Suhrkamp, Frankfurt a.M., 1978.
- *Kant im Kontext 2000*. [Recurso electrónico]: Teilfassung I, Werke, Briefwechsel, Nachlass auf CD-ROM, Volltextretrievalsystem ViewLit 3.1 Professional.

I.3. Traducciones consultadas.

- *Pensamientos sobre la verdadera estimación de las fuerzas vivas*. Traducción y Comentario de Juan Arana Cañedo-Argüelles, Peter Lang, Berna, 1988.
- Opúsculos de filosofía. Introducción, traducción y notas de Atilano Domínguez, Alianza, Madrid, 1992.
- *Historia general de la naturaleza y teoría del cielo*. Traducción de Jorge E. Lunqt, prólogo de Alfredo Llanos, Juarez Editor, Buenos Aires, 1969.
- *Historia natural y teoría general del cielo*. Con el estudio de Pierre Simon Laplace *Origen del sistema solar*. Traducción de Pedro Merton, Nota preliminar de Manuel Sadosky, Lautaro, Buenos Aires, 1946.
- *Disertaciones latinas de Kant*. Traducción de Juan David García Bacca, Ediciones de la Biblioteca de la Universidad Central de Venezuela, Colección Avance 39, Caracas, 1974.
- *Nova dilucidatio o Nueva explicación de los primeros principios del conocimiento metafísico*. Traducción de Uña Juárez Coloquio, Madrid, 1987.
- *Único fundamento posible de una demostración de la existencia de Dios*. Introducción y traducción de José María Quintana Cabanas en la introducción a la edición de PPU Barcelona, 1989.
- *El único argumento posible para una demostración de la existencia de Dios*. Estudio preliminar, traducción y notas de Eduardo García Belsunce, Prometeo libros, Buenos Aires, 2004.
- *Ensayo para introducir en la filosofía el concepto de magnitudes negativas*. Traducción y notas de Eduardo García Belsunce, en *Diálogos* 29/30 (1977), pp. 137-176.
- Sobre la nitidez de los principios de la teología natural y de la moral. Traducción de Roberto Torretti, *Revista Diálogos*, Puerto Rico, 1974
- Los sueños de un visionario explicados por los sueños de la metafísica. Traducción, introducción y notas de Pedro Chacón e Isidoro Reguera, Alianza, Madrid, 1987.
- *Principios formales del mundo sensible y del inteligible (Disertación de 1770)*. Versión castellana de Ramón Ceñal Lorente, Estudio preliminar y Complementos de José Gómez Caffarena, CSIC, Colección clásicos del pensamiento, Madrid, 1996.
- *Crítica de la razón pura*. Versión española de Manuel García Morente y Manuel Fernández Núñez, Porrúa, México, DF., 1991.
- *Crítica de la razón pura*. Prólogo, traducción, notas e índices por Pedro Ribas. Alfaguara, Madrid, 2002.
- *Crítica de la razón pura*. Edición abreviada, introducción, notas y anexos de Juan José García Norro y Rogelio Rovira. Traducción de Manuel García Morente, Tecnos, Madrid, 2002.

- *Prolegómenos a toda metafísica futura que haya de poder presentarse como ciencia*. Introducción, traducción, comentarios y notas de Mario Caimi, Epílogo de Norbert Hinske, Colección Fundamentos n.º 153, Itsmo, Madrid, 1999.
- *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*. Introducción y traducción de Carlos Másmela, Alianza, Madrid, 1989.
- *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*. Estudio preliminar y traducción de José Aleu Benítez, Tecnos, Colección Clásicos del pensamiento, Madrid, 1991.
- *Cómo orientarse en el pensamiento*. Traducción de Carlos Correas, Leviatán, Buenos Aires, 1982.
- *Qué significa orientarse en el pensamiento*. Traducción de Rogelio Rovira, Universidad Complutense, Madrid, 1995.
- *Crítica del Juicio*. Traducción de M. García Morente. Espasa Calpe, Madrid, 1990.
- *Por qué no es inútil una nueva crítica de la razón pura*. Traducción, prólogo y notas de Alfonso Castaño Piñan. Aguilar, Buenos Aires 1981 [7ª ed.].
- Sobre el tema del concurso para el año 1791 propuesto por la Academia Real de Ciencias de Berlín: ¿Cuáles son los efectivos progresos que la metafísica ha hecho en Alemania desde los tiempos de Leibniz y Wolff?. Estudio preliminar y traducción de Felix Duque, Tecnos, Madrid, 1987.
- *Lógica. Un manual de lecciones*. Edición de María Jesús Vázquez Lobeiras, prefacio de Norbert Hinske, Akal, Madrid, 2000.
- *Transición de los principios metafísicos de la ciencia natural a la física*. Introducción, traducción y notas de Félix Duque, Anthropos en coedición con la Universidad Autónoma de Madrid, Barcelona, 1991.
- *Correspondencia*. Edición y traducción de Mercedes Torrevejanó, n.º 2.525 de la Institución “Fernando el Católico” (CSIC) (Excma. Diputación de Zaragoza), Zaragoza, 2005.

II. Estudios, léxicos y comentarios.

ADICKES. E., *Kant und die als-ob-Philosophie*. Fr. Frommans Verlag, Stuttgart, 1927.

ALQUIE, F., *La critique kantienne de la Métaphysique*. P.U.F., París, 1968.

ALLISON, H. E., *El idealismo trascendental de Kant: una interpretación y defensa*. Prólogo y traducción de Dulce María Granja Castro, Anthropos, Barcelona, 1992.

ARTOLA, J. M., *Limitación y trascendencia del conocimiento en la filosofía de Kant*, en “Estudios Filosóficos” (1981) 132-147.

- BROAD, Ch. D., *Kant. An Introduction*. Edited by C. Lewy. Candbridge University Press, Cambridge, 1978.
- CARVAJAL Cordón, J., *El problema de las categorías y la ontología Crítica en Kant*, Editorial de la Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1985.
- CASSIRER, E., *Kant, vida y doctrina*. Traducción de W. Roces, FCE, México, DF., 1993.
- CASSIRER, H. W., *Kant's first Critique. An appraisal of the permanent significance of Kant's Critique of Pure Reason*. G. Allen & Unwin, London, 1968.
- CORDUA, C.; TORRETTI, R., *Variedad en la razón. Ensayos sobre Kant*. Universidad de Puerto Rico, Río Piedras, 1992.
- CORTINA ORTS, A., *Dios en la filosofía trascendental de Kant*. Universidad pontificia de Salamanca, 1981.
- DAVAL, R., *La metaphysique de Kant*. PUF, París, 1951.
- DELEUZE, G., *Filosofía crítica de Kant*. Traducción de Marco Aurelio Galmarini, Cátedra, Madrid, 1997.
- DUQUE, F., *La fuerza de la razón. Invitación a la lectura de la "Crítica de la razón pura" de Kant*. Edit. Dickinson, Madrid, 2002.
- EISLER, R., *Kant-Lexicon. Nachschlagewerk zu Kant sämtlichen Schriften/Briefen und handschriftlichen Nachlass*. G. Olms Verlagsbuchhandlung, Hildesheim, 1964.
- FINK, E., *Todo y nada. Una introducción a la filosofía*. Traducción de N. A. Espinosa, Edit. Sudamericana, Buenos Aires, 1964.
- GARCÍA MORENTE, M., *La filosofía de Kant. Una introducción a la filosofía*. Espasa-Calpe (Austral), Madrid, 1975.
- GOLDMANN, L., *Introducción a la filosofía de Kant*. Traducción de J. L. Etcheverry. Amorrortu Editores, Buenos Aires, 1974.
- GONZÁLEZ RUIZ, A., *La nueva imagen del mundo. El impacto filosófico de la Teoría de la relatividad*, Akal, Madrid, 2003.
- HARTNACK, J., *La teoría del conocimiento de Kant*. Traducción de C. García y J. A. Llorente, Cátedra, Madrid, 1977.
- HEIDEGGER, M., *Kant y el problema de la metafísica*. Traducción de Gred Ibscher Roth, revisión de Elsa Cecilia Frost, FCE., México, DF., 1986.
- *La pregunta por la cosa*. Traducción de Eduardo García Belsunce y Zoltan Szankay, Alfa Argentina, Buenos Aires, 1975.
- HEIMSOETH, H., *Transzendente Dialektik. Eine Kommentar zu Kants Kritik der reinen Vernunft*. 4 Bände. W. de Gruyter Co., Berlín, 1966-71.
- HINSKE, N., *Kant als Herausforderung an die Gegenwart*. K. Alber Verlag, Freiburg/München, 1980.
- HINTIKKA, J., *Logic, Language-Games and indformation. Kantian Themes in the Philosophy of Logic*, Oxford U. P., 1973.

HOSSENFELDER, M., *Kants Konstitutionstheorie und die transzendente Deduktion*. W. de Gruyter, Berlín, 1978.

KÖRNER, S., *Kant*. Traducción de Ignacio Zapata Tellechea. Alianza, Madrid, 1977.

LÓPEZ MOLINA, A. M., *Razón pura y juicio reflexionante en Kant*. Estudios del seminario de Metafísica N.º 2, Universidad Complutense, Madrid, 1983.

- “Principios matemáticos y objeto de conocimiento según Kant” *Praxis filosófica*, 19, Universidad del Valle, Julio-Diciembre de 2004, pp. 41-64.

LORENZO, J. de, *Kant y la matemática*, Tecnos, Madrid, 1992.

MARCUCCI, S., *Kant e le science. Scritti scientifici e filosofici*. Liviana editrice, Padova, 1977.

MARTIN, G., *Immanuel Kant. Ontologie und Wissenschaftstheorie*. W. de Gruyter und Co., Berlín, 1969.

MONTERO MOLINER, F., *El empirismo kantiano*. Departamento de Historia de la Filosofía, Valencia, 1973.

- *Mente y sentido interno en la Crítica de la Razón Pura*. Editorial Crítica, Barcelona, 1989.

NAVARRO CORDÓN, J. M., “El concepto de ‘trascendental en Kant’, en *Anales del Seminario de Metafísica*, V, Madrid, 1970, pp. 7-26.

- *El sentido del saber sintético a priori*. Facultad de Filosofía y Letras, Madrid, 1971.
- “Método y metafísica en el Kant precrítico”, en *Anales del seminario de metafísica*, IX, Madrid, 1974, pp. 75-122.
- “Facticidad y trascendentalidad”. En *Métodos del pensamiento ontológico*. Rodríguez, R., (editor), Síntesis, Madrid, 2002, Capítulo 1, pp. 21-87.

PALACIOS, J. M., *El idealismo trascendental: teoría de la verdad*. Gredos, Madrid, 1979.

PARELLADA, R., *La idealidad del espacio, la filosofía trascendental y el desarrollo de la geometría*. Universidad Politécnica de Valencia, 2003.

PATON, H. J., *Kant's Metaphysic of Experience. A commentary on the first half of the Kritik der reinen Vernunft*. 2 Vols. H. Allen & Unwin London, 1965.

PHILONENKO, A., *L'oeuvre de Kant*. 2 Vols. J. Vrin, París, 1969.

POPPER, K., *El desarrollo del conocimiento científico. Conjeturas y refutaciones*. Traducción de N. Míguez, Paidós, Buenos Aires, 1967.

RABADE ROMEO, S., *Kant. Problemas gnoseológicos de la “Crítica de la Razón Pura”*. Gredos, Madrid, 1969.

RÁBADE ROMEO, S.; LÓPEZ MOLINA, A. M.; PESQUERO, E., *Kant, conocimiento y racionalidad*. 2 vols., Cincel, Madrid, 1987.

RATKE, H., *Systematisches Handlexikon zu Kants Kritik der reinen Vernunft*. F. Meiner Verlag, Hamburg, 1972.

- REGUERA, I., *La lógica kantiana*. La balsa de la Medusa, 26, Visor, Madrid, 1989.
- RIVERA DE ROSALES, J., *El punto de partida de la metafísica trascendental. Un estudio crítico de la obra kantiana*. UNED, Madrid, 1993.
- *I. Kant: El conocimiento objetivo del mundo*. Guía de lectura de la Crítica de la razón pura, UNED, Madrid, 1994.
- RODRÍGUEZ ARAMAYO, R., *Kant*. Edaf, Madrid, 2001.
- STRAWSON, P. F., *Los límites del sentido. Ensayo sobre la Crítica de la razón pura de Kant*. Traducción de C. Thiebaut Luis-André. Revista de Occidente, Madrid, 1975.
- TORRETTI, R., *Manuel Kant. Estudio sobre los fundamentos de la filosofía crítica*. Ediciones de la universidad de Chile, Chile, 1967./ Editorial Charcas, Buenos Aires, 1980.
- “La geometría en el pensamiento de Kant”. *Anales del seminario de metafísica*, IX, Madrid, 1974.
- TORREVEJANO, M., *Razón y metafísica*. Bitácora, Madrid, 1982.
- UÑA JUÁREZ, A., “La Nova dilucidatio de Kant y su cognitio metaphysica”. En *La ciudad de Dios*, Año 100, vol. CXCVII, núm. 1, Enero-Abril 1984.
- VAIHINGER, H., *The philosophy of Kant. A sistem of the theoretical, practical and religious fiction of mankind*. Translated by C. K. Ogden. Routledge & Kegan, London, 1965.
- *Kommentar zu Kants Kritik der reinen Vernunft*. Herausgegeben von R. Schmidt. 2 Bände. Scientia Verlag, Aalen, 1970.
- VERNEAUX, R., *Le vocabulaire de Kant*. 2 Vols. Aubier Montaigne, París, 1973.
- VILLACAÑAS BERLANGA, J. L., *La formación de la Crítica de la razón pura*. Universidad de Valencia, 1980.
- VLEESCHAUWER, H.-J. de, *La déduction transcendente dans l'oeuvre de Kant*. 3 Vols. “De Sikkel”, Antwerpen, 1834-1836-1837.
- *La evolución del pensamieto kantiano. Historia de una doctrina*. Traducción de Ricardo Guerra, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF., 1962.
- WIREDU, J. E., “Kant’s Synthetic A Priori in Geometry and the Rise of Non-Euclidean Geometries”. *KS*. 61 (1970).

III. Otros estudios relacionados con el tema.

ADAM, E., “Zur erkenntnistheoretischen Bedeutung des Relativitätsprinzips”. *KS*, 50 (1958-1959).

ARCE CARRASCOSO, J. L., *De la razón pura a la razón interesada*. Universitat de Barcelona, Barcelona 1996.

- *Teoría del conocimiento: sujeto, lenguaje, mundo*. Síntesis, Madrid, 1999.

ARISTÓTELES, *Acerca del alma*. Introducción, traducción y notas de Tomás Calvo Martínez, Gredos, Madrid, 1994.

- *Física*. Introducción, traducción y notas de Guillermo R. de Echahndía, Gredos, Madrid, 1995.
- *Metafísica*. Introducción, traducción y notas de Tomás Calvo Martínez, Gredos, Madrid, 1994.
- *Acerca del cielo*. Introducción, traducción y notas de Miguel Candeal, Gredos, Madrid, 1996.

ARTOLA, J. M., “Filosofía natural e idealismo en el pensamiento de Schelling alrededor de 1800”, en *Estudios Filosóficos*, 76/XXVII (1978), pp. 497-522.

ATKINS, P. W., *Cómo crear el mundo*. Traducción de J. Beltran, Crítica (Montalbo Mondadori), Barcelona, 1995.

AUDOUZE, J.; CASSÉ, M.; CARRIÈRE, J.-C., *Conversaciones sobre lo invisible*. Traducción de R. M. Bassols, Seix Barral, Barcelona, 1997.

BALZER, W., *Teorías empíricas: modelos, estructuras y ejemplos*. Versión española de Agustín González Ruiz, Alianza, Madrid, 1997.

BARNETT, L., *El universo y el doctor Einstein*. Traducción de Carlos Imaz, FCE, México, DF., 1985.

BAUMANN, P., *Das Problem der organischen Zweckmässigkeit*. H. Bouvier und Co., Bonn, 1965.

BATTANER LÓPEZ, E., *Planetas*, Alianza, Madrid, 1991.

BERBEGLIA, C. E., *Espacio, tiempo, huida. El papel decisional de las teorías*. Biblos, Buenos Aires, 1991.

BERGSON, H., *Introducción a la metafísica*. Traducción de M. Hector Alberti, Ediciones Siglo Veinte, Buenos Aires, 1966.

- *Duración y simultaneidad. (A propósito de la teoría de Einstein)*. Traducción y estudio preliminar de Jorge Martín, Ediciones del Signo, Colección Nombre Propio /6, Buenos Aires, 2004.

BEVERIDGE, W. I. B., *The Art of Scientific Investigation*. Vintage, Nueva York, 1950, p.77.

BOLLERT, K., *Einsteins Relativitätstheorie und ihre Stellung im System der Gesamterfahrung*, Dresde, Steinkopf, 1921.

BONOLA, R., *Non-Euclidean Geometry. A Critical and Historical Study of its Development*, Dover, Nueva York, 1986.

BOUVIER, A.; GEORGE, M., *Diccionario de Matemáticas*. Akal, Madrid, 1984.

BOYER, C. B., *Historia de la matemática*. Versión de Mariano Martínez Pérez, Alianza, Madrid, 2001.

BRIAN, D., *Einstein*. Traducción de Dulcinea Otero-Piñeiro, Acento, Madrid, 2005.

BUENO, G., “Operaciones autoformantes y heteroformantes. Ensayo de un criterio de demarcación gnoseológica entre la lógica formal y la matemática (I y II)”, en “El Basilisco” (1ª época), nº 7 mayo-junio, pp. 16-39 y nº 8 julio-diciembre, pp. 4-25, respectivamente, Oviedo, 1979.

BUNGE, M., *Controversias en física*. Tecnos, Madrid, 1983.

CARNAP, R., *Fundamentación lógica de la física*. Traducción de Néstor Miguens, Edit. Sudamericana, Argentina, 1969.

CARNAP, R., *La construcción lógica del mundo*. Traducción de Laura Mues de Schrenk, Universidad Nacional Autónoma de México, México DF., 1988.

- *Autobiografía intelectual*. Introducción de Manuel Garrido, Traducción de Carmen Castells, Paidós, Barcelona, 1992.

CARVAJAL Cordon, J., (Coord.) *Moral, derecho y política en Immanuel Kant*. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, 1999.

CASSIRER, E., *Zur modernen Physik*. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1972.

- *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia modernas*. Vol. II: *Desarrollo y culminación del racionalismo. El problema del conocimiento en el sistema del empirismo*. Libro sexto: *De Newton a Kant*. Libro séptimo: *La filosofía crítica*; traducción de Wenceslao Roces, Fondo de Cultura Económica, México, DF., 1956, pp. 373-714.

CATALÁ, J., *Física general*. Entidad Española de Librería y Publicaciones, Valencia, 1972.

CECIL DAMPIER, W., *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*. Traducción de Cecilio Sánchez Gil, Tecnos, Madrid, 1997.

COXETER, H., *Non-Euclidean Geometry*, Math. Ass. Of America, 1942, 6ª ed. 1998.

COLERUS, E., *Breve historia de las matemáticas*. Traducción de Antonio Gallifa, Doncel, Madrid, 1973.

CHALMERS, A. F., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Traducción de Eulalia Pérez Sedeño y Pilar López Mánez, Siglo veintiuno editores, Madrid, 1984.

DAMPIER, W. C., *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*. Tecnos, Madrid, 1992.

DELEUZE, G., *El bergsonismo*. Traducción de Luis Ferreiro Carracedo, Cátedra, Colección Teorema, Madrid, 1987.

DIEM, K. (Redactor), *Tablas Científicas*. J. R. Geigy, Basilea, 1965.

DUCROCQ, A., *La aventura del cosmos*. Traducción de Antonio Rivera, Labor, Barcelona, 1968.

DUQUE, F., *Historia de la filosofía moderna*. Akal, Madrid, 1998.

EDDINGTON, A. S., *Espacio, tiempo y gravitación*. Traducción de José Maris Plans y Freire, Calpe, Madrid, 1922.

- *La naturaleza del mundo físico*. Edit. Sudamericana, Buenos Aires, 1945.

EINSTEIN, A., *El significado de la relatividad*. Traducción de Carlos E. Prélat y Albino Arenas Gómez, Espasa-Calpe (Planeta-De Agostini), Barcelona, 1985.

- *The Collected Papers of Albert Einstein*. Princeton University Press, Princeton, 1989.
- *Sobre la Teoría de la relatividad especial y general*. Traducción de Miguel Paredes Larrucea, Alianza (RBA), Barcelona, 2002.
- *Ideas y opiniones*. Traducción de Álvarez Flórez y Ana Goldar, Antoni Bosch, editor, (RBA), Barcelona, 2002.

ELSBACH, A. C., *Kant und Einstein*, Berlín-Leipzig, Walter de Gruyter, 1924.

ENGELS., F., *Dialéctica de la naturaleza*. Edición de Ramón Akal González, Akal, Madrid, 1978.

ESPINOZA, M.; TORRETTI, R., *Pensar la ciencia. Estudios críticos sobre obras filosóficas (1950-2000)*. Tecnos, Madrid, 2004.

EUCLIDES, *Elementos, I-IV*. Introducción L. Vega, traducción y notas M^a. L. Puertas, Gredos, Madrid, 1991.

FARTOS, M., *Historia de la filosofía y de la ciencia*. 2 vols., Universidad de Valladolid, 1992.

FICHANT, M.; PÉCHEUX, M., *Sobre la historia de las ciencias*. Traducción de Delia Karsz Esquibel, Siglo veintiuno editores, Buenos Aires, 1975.

FRAASSEN. B. C. van, *Introducción a la filosofía del tiempo y del espacio*. Traducción de Juan-Pedro Acordagoicoechea Goicoehea, Labor, Barcelona, 1978.

FUENTES, J. B. "El problema del mundo externo". En *Compendio de epistemología*. Trotta, Madrid, 2000, pp. 408-409.

- "Introducción del 'concepto de normas irresuelto personalmente' como figura antropológica (específica) del campo psicológico". En *Psicothema*, 1994, pp. 421-445.

GALILEO GALILEI, *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*. Vol. VII de las *Opere*. Traducción de Antonio Beltrán Marí, Alianza (RBA), Barcelona, 2002.

GAMOW, G., *Biografía de la física*. Traducción de Fernando Vela, Alianza, 1994.

GARCÍA, R.; MUÑOZ, J., (Compiladores), *La teoría evolucionista del conocimiento*. Edit. Complutense, Madrid, 1999.

GERALD, H., *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein*. Versión española de José Otero, Alianza, 1982.

GOLOVINA, L. I., *Álgebra lineal y algunas de sus aplicaciones*. Traducción de Carlos Vega, Mir, Moscú, 1983.

GONSETH, F., *Les fondements des mathématiques: de la géométrie d'Euclide à la relativité générale et à l'intuitionisme*. Librairie scientifique, Paris, 1926.

GRÜNBAUM A., *Philosophical Problems of Space and Time*, Reidel, Dordrecht/Boston, 1973.

HABERMAS, J., *Verdad y justificación*. Traducción de Pere Fabra y Luis Díez, Trotta, Madrid, 2002.

HAWKING, S., *Historia del tiempo*. Traducción de Miguel Ortuño, Crítica (RBA), Barcelona, 1993.

- *El universo en una cáscara de nuez*. Traducción de David Jou, Crítica, Barcelona, 2002.

HEIDEGGER, M., *Los problemas fundamentales de la fenomenología*. Traducción de Juan José García Norro, Trotta, Colección Estructuras y procesos, serie filosofía, Madrid, 2000.

- *El concepto de tiempo*. Prólogo, traducción y notas de Raúl Gabás Pallás y Jesús Adrián Escudero, Trotta, Madrid, 1999.

HEIMENDAHL, E. *Física y filosofía. Diálogos de occidente*. Traducción de Juan Segundo Iglesias Muñoz, Ediciones Guadarrama, Madrid, 1969.

HEISENBERG, W., *Diálogos sobre física atómica*. Traducción de Wolfgang Strobl y Luis Pelayo, BAC, Madrid, 1975.

- *La imagen de la naturaleza en la física actual*. Traducción de Gabriel Ferraté, Ariel (Orbis), Barcelona, 1976.

HILBERT, D., *Die Grundlagen der Geometrie*. 1899.

HOFFMANN, B., *La relatividad y sus orígenes*. Traducción de José Llosa Carrasco, Labor, Barcelona, 1995.

HOLTON, G., *Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein*. Versión española de José Otero, Alianza, Madrid, 1982.

- *Einstein, historia y otras pasiones: la rebelión contra la ciencia en el final del siglo XX*. Traducción de José Javier García Sanz, Taurus, Madrid, 1998.

HUME, D., *Treatise of human Nature*. En *David Hume. The Philosophical Works*. Edic. de Th. H. Green y Th. H. Grose, London, 1886. Reedic., Scientia Verlag, Aalen, 1964.

- *A Treatise of Human Nature*. Selby- Bigge, Oxford, 1888.
- *Del conocimiento*. Traducción de Juan Segura Ruiz, Aguilar (SARPE), Madrid, 1984.

HUSSERL, E., *La crisis de las ciencias europeas y la fenomenología trascendental*. Traducción de Jacobo Muñoz y Salvador Mas, Crítica, Barcelona, 1991.

KOLAKOWSKI, L., *La filosofía positivista. Ciencia y filosofía*. Traducción de Genoveva Ruiz-Ramón, Cátedra, Madrid, 1979.

KOYRE, A., *Del mundo cerrado al universo infinito*. Traducción de Carlos Solís Santos, Siglo XXI, Mexico, 1979.

- *Estudios de historia del pensamiento científico*. Traducción de Encarnación Pérez Sedeño y Eduardo Bustos, Siglo XXI, México, 1990.

KUHN, S., *La revolución copernicana. La astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento*. Traducción de Domènec Bergadá, Ariel, Barcelona, 1996.

- *La estructura de las revoluciones científicas*. Traducción de Agustín Contín, FCE, México, DF, 2001.

LANCZOS, C., *Space through the ages : The evolution of geometrical ideas from Pythagoras to Hilbert and Einstein*. Academic Press, London and New York, 1970.

LANGEVIN, P., "L'Évolution de l' Espace et du Temps". *Revue de Métaphysique et de Morale*, 19, n.º 4, 1911, pp. 455-466.

LAWLOR, R., *Geometría sagrada*. Traducción de María José García Ripoll, Debate, Madrid, 1993.

LEIBNIZ, G. W., *Die philos. Schriften von G. W. Leibniz*. Gerhardt, VII.

- *Escritos de dinámica*. Traducción de Juan Arana Cañedo-Argüelles y Marcelino Rodríguez Donis, Tecnos, Madrid, 1991.
- *La profesión de fe del filósofo (Confessio philosophi)*. Traducción y notas de Francisco de P. Samaranch, Santillana (RBA), Barcelona, 2002.
- *Discurso de metafísica*. Introducción, traducción y notas de Julián Marías, Alianza, Madrid, 2002.
- *Escritos filosóficos*. Traducción de Roberto Torretti, Tomás, E. Zwanck y Ezequiel de Olaso, Charcas, Buenos Aires, 1982.
- *Sistema nuevo de la naturaleza y de la comunicación de las sustancias, así como también de la unión entre el alma y el cuerpo*. Traducción de Enrique Pareja, Aguilar, Buenos Aires, 1981.

MACH, E., *The Science of Mechanics*. Open Court Pub. Co., La Salle, 1942.

- *Die Mechanik*, Darmstadt, 1963.
- *Análisis de las sensaciones*, Traducción de Eduardi Ovejero y Maury, Alta Fulla, Barcelona, 1987.

MARTÍNEZ MARZOA, F., *Desconocida raíz común. (Estudio sobre la teoría kantiana de lo bello)*. La balsa de la Medusa, 5, Visor, Madrid, 1987

MATAIX, C., *Newton (1642-1726)*. Ediciones del Orto, Madrid, 1995.

MINKOWSKI, H., “Raum und Zeit”. Conferencia pronunciada el 21 de septiembre de 1908 en Colonia, en Lorentz, Einstein, Minkowski, *Das Relativitätsprinzip*. Teubner, Stuttgart, 1982.

- “Space and time”, en *The Principle of Relativity*. Dover Publications, New York, 1952.

MORE, H., *Lettre de More à Descartes*, 2 Décembre 1648; en *Oeuvres de Descartes*, publiées par Ch. Adam et P. Tannery, J. Vrin, Paris 1965-74.

- *An antidote against atheism*. En Mackinnon, F. J., *Philosophical writings of Henry More*, New York, 1925.
- *Enchiridium metaphysicum*. En Mackinnon, F. J., *Philosophical writings of Henry More*, New York, 1925.

MUÑOZ, J., (Dir), *Diccionario de Filosofía*, Espasa Calpe, Madrid, 2003.

MUÑOZ J.; VELARDE, J., (Dir.) *Compendio de epistemología* Trotta, Madrid, 2000.

MURALT, A. de, *La conscience transcendente dans le criticisme kantien. Essai sur l'unité d'aperception*. Aubier-Montaigne, Paris, 1956.

NATORP, P., *Die logische Grundlagen der exakten Wissenschaften*. Leipzig, Teubner, 1910.

NEWTON, I., *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Introducción, traducción y notas de Eloy Rada, Alianza. Ensayo, Madrid, 1998.

- *Principios matemáticos de la filosofía natural y su sistema del mundo*, ed. preparada por A. Escotado, Editora Nacional, Madrid, 1982.
- *El Sistema del Mundo*. Traducción ,introducción y notas de Eloy Rada García Alianza, Madrid, 1986.
- *Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*. Introducción, traducción notas e índice analítico, Carlos Solís, Alfaguara, Madrid, 1977.

NOXON, J., *La evolución de la filosofía de Hume*. Traducción de Carlos Solís, Revista de Occidente, Madrid, 1974.

ORTEGA Y GASSET, J., *Kant*, en “Kant, Hegel, Dilthey”. Revista de Occidente, Madrid, 1973, pp. 15-69.

- *Unas lecciones de metafísica*. Alianza, Madrid, 2003.

PAP, A., *An introduction to the Philosophy of Science*. Glencoe 1962.

PAPP, D., *Historia de la física : desde Galileo hasta los umbrales del siglo XX*. Espasa-Calpe, Buenos Aires, 1945.

- *Historia de la física : desde la antigüedad hasta los umbrales del Siglo XX*. Espasa-Calpe, Madrid, 1961.
- *Filosofía de las leyes naturales*. Troquel, Buenos Aires, 1980.
- *Einstein: historia de un espíritu*. Colección Austral, Espasa-Calpe, Madrid, 1985.

PEIRCE, C. S., *Deducción, inducción e hipótesis*. Traducción y prólogo de Juan Martí Ruiz-Werner, Aguilar Argentina, Buenos Aires, 1970.

PIAGET, J.; BETH, E. W., *Epistemología matemática y psicología. Una indagación sobre las relaciones entre la lógica formal y el pensamiento real*. Traducción de Víctor Sánchez de Zavala, Crítica, Barcelona, 1980.

PLATÓN, *Menón*. En *Diálogos II*. Introducción, traducción y notas F. J. Oliveri, Gredos, Madrid, 2000.

POPPER, K. R., *Los dos problemas fundamentales de la epistemología*. Traducción de M.^a Asunción Albisu Aparicio, Tecnos, Madrid, 1998.

- *Post Scriptum a la lógica de la investigación científica, Volumen III. Teoría cuántica y el cisma en física*. Traducción de Marta Sansigre Vidal, Tecnos, Madrid, 1995.

POINCARÉ, H., *La science et l'hypothèse* (1902), Flammarion, París, reimp. 1968.

PUTNAM, H., *La naturaleza de los estados mentales*. Versión castellana de Margarita M. Valdés, Universidad Nacional Autónoma de México, México, DF., 1981.

- *Racionalidad y metafísica*. Traducción de Josefa Toribio, Revista Teorema, Madrid, 1985.
- *Representación y realidad*. Traducción de Gabriela Ventureira, Gedisa, Barcelona, 1990.

RÁBADE OBRADÓ, A. I., *Conciencia y dolor: Schopenhauer y la crisis de la modernidad*. Trotta, Madrid, 1995.

- (Ed.) *Antología / Schopenhauer*. Península, Barcelona, 1989.

RÁBADE ROMEO, S., *Método y pensamiento en la modernidad*. Narcea, Madrid, 1981.

- "Perfiles de una actitud crítica". En *Estudios filosóficos* (1981) 9-31.
- *Hume y el fenomenismo moderno*. En *El Empirismo. David Hume (Obras. Vol. II)*. Edición de Concha Cogolludo, Trotta, Madrid, 2004.

RADA, E. (Ed.), *La polémica Leibniz-Clarke*, Taurus, Madrid, 1980.

REICHENBACH, H., *Átomo y cosmos. Concepción física actual del universo*. Traducción de J. Cabrera, Revista de Occidente, Madrid, 1931.

- *La filosofía científica*. Traducción de Horacio Flores Sánchez, FCE, México, 1953.
- *Moderna filosofía de la ciencia. (ensayos escogidos)*. Preparados por Maria Reichenbach, Prólogo de Rudolf Carnap, Traducción por Alfonso Carlos Francoli Palomo, Tecnos, Madrid, 1965.
- *Die philosophische Bedeutung der Relativitätstheorie*, Vieweg & Sohn Braunschweig-Wiesbaden, 1979.

REVILLA GUZMÁN, C. G., *Conciencia y subjetividad en H. Bergson*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1985.

- *Entre el alba y la aurora: sobre la filosofía de María Zambrano*. Icaria, Barcelona, 2005.
- RÍBNIKOV, K., *Historia de las matemáticas*. Traducción de Concepción Valdés Castro, Mir Moscú, URSS, 1991.
- RIOJA, A., *Etapas en la concepción del espacio físico*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 1984.
- RIOJA, A.; ORDÓÑEZ, J., *Teorías del universo*. 2 Vols., Síntesis, Madrid, 1999.
- RIVADULLA, A., *Revoluciones en física*. Trotta, 2003.
- *Éxito, razón y cambio en física. Aproximación a la filosofía de la física y la metodología de la ciencia*. Trotta, Madrid, 2004.
- (Ed.) *Hipótesis y verdad en ciencia. Ensayos sobre la filosofía de Karl R. Popper*. Edit. Complutense, Facultad de Filosofía, Madrid, 2004.
- RODRÍGUEZ, R., (editor), *Métodos del pensamiento ontológico*. Síntesis, Madrid, 2002.
- RORTY, R., *La filosofía y el espejo de la naturaleza*. Traducción de Jesús Fernández Zulaica, Cátedra, Madrid, 1995.
- RUSSELL, B., *ABC de la relatividad*. Traducción de Pedro Rodríguez Santidrián, Ariel (Orbis), Barcelona, 1985.
- *El conocimiento humano: su alcance y sus límites*. Versión española de Néstor Míguez, Tecnos, Madrid, 1977.
- *The Principles of Mathematics*, Cambridge University Press, Cambridge, 1903.
- SÁNCHEZ RON, J. M., *El origen y desarrollo de la relatividad*. Alianza, Madrid, 1983.
- SAZÁNOV, A. A., *El universo tetradimensional de Minkowski*. Traducción de Antonio Molina García, Mir, Moscú, 1990.
- SCHAJOWICZ, L. *El mundo trágico de los griegos y de Shakespeare. Consideraciones sobre lo sagrado*. Editorial de la universidad de Puerto Rico, Puerto Rico, 1990.
- SCHLICK, M., “Kritizistische order empiristische Deutung der neuen Physik?”, *KS*. 26, 1921.
- *Allgemeine Erkenntnislehre*. Suhrkamp, Francfort, 1979.
- *Filosofía de la naturaleza*. Traducción y notas de José Luis González Recio, Encuentro, Madrid, 2002.
- SCHILPP, P. A. (ed.), *Albert Einstein : philosopher-scientist*. Cambridge University Press, London, 1970.
- SCHRÖDINGER, E., *Science and Humanism. Physics in Our Time*. Cambridge University Press, Birmingham, 1951.
- SELLIEN, E., “Die erkenntnistheoretische Bedeutung der Relativitätstheorie”, *KS*, *Ergänzungsheft* nº 48, Berlín, 1919.

- SILBERSTEIN, L., *The theory of relativity*. MacMillan, London, 1914.
- SKLAR, L., *Filosofía de la física*. Versión española de Rosa Álvarez Ulloa, Alianza, Madrid, 1994.
- SPINOZA, B., *Ética demostrada según el orden geométrico*. Introducción, traducción y notas de Vidal Peña, Alianza, 1999.
- STEGMÜLLER, W., “Gedanken über eine mögliche rationale Rekonstruktion von Kants Metaphysik der Erfahrung”. *Ratio*, 9, 1967, pp. 1-30; 10, 1968, pp. 1-31, reproducido en *Aufsätze zu Kant und Wittgenstein*. Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1970.
- TORRETTI, R., *Filosofía de la naturaleza*. Edit. Universitaria, Chile, 1971.
- *Relatividad y espaciotiempo*. RIL editores, Santiago de Chile, 2003.
- TURRÓ, R., *Orígenes del conocimiento. El hambre*. Edit. E.M.C.A., Buenos Aires, 1945.
- VEGA, L., *La trama de la demostración*, Alianza, Madrid, 1990.
- WEINBERG, S., *Gravitation and Cosmology*. John Wiley and Sons, New York, 1972.
- WEYL, H., *Space-Time-Matter*. Dover Publications, New York, 1952.
- WOLFF, Ch., *Vernünftige Gedanken von der Kräften des menschlichen Verstandes in ihrem richtigen Gebraunche in Erkenntnis der Wahrheit. Deutsche Logic*. Hildesheim, Georg Olms, 1965.
- *Pensamientos racionales acerca de Dios, el mundo y el alma del hombre, así como sobre todas las cosas en general. (Metafísica alemana)*. Edición de Agustín González Ruiz, Akal, Madrid, 2000.

Índice de autores.

A

Adam, E. · 1, 361, 370
 Adickes, Erich · 115
 Alhazen · 217
 Alsted, Heinrich · 29
 Ampère, André Marie · 165
 Apolonio de Perga · 22
 Arago François · 161, 162, 164
 Arana Cañedo-Argüelles, Juan · 35
 Aristóteles · 8, 28, 29, 35, 48, 67, 82, 91, 133
 Arquímedes · 102, 227, 287
 Arrio · 104
 Atanasio · 104

B

Bacon, Roger · 106
 Ballard, E. G. · 1
 Balzer, W. · 2
 Barrow, Isaac · 102
 Battaner, Eduardo · 106, 107
 Baumgarten, Alexander · 28
 Beltrami, Eugenio · 219, 221
 Benedetti, Giambattista · 15
 Bergson, Henri · 192, 193
 Berkeley, George · 26, 92, 120, 262
 Bernouilli, J. · 84
 Beveridge, W. I. B. · 365
 Black, Max. · 1
 Boecio · 52
 Bollert, Karl · 360
 Bolyai, Farkas (o Wolfgang) · 218
 Bolyai, Janos · 206, 217, 218, 225
 Borel, Émile · 190
 Borelli, Giovanni Alfonso · 217
 Born, Max · 374
 Bourbaki, Nicolas · 102
 Bouvier, A. · 204
 Boyle, Robert · 106
 Boyer, Carl B. · 102, 205, 217, 218
 Bradley, James · 161
 Brahe, Tycho · 15, 16
 Brentano, Franz · 263
 Brian, Denis · 196, 372, 374
 Broglie, Louis Victor, príncipe de · 192
 Brouwer, L. E. J. · 224
 Bueno, Gustavo · 54
 Bunge, Mario · 169

Buridan, Jean · 38

C

Caffarena, José Gómez · 83
 Cantor, Georg · 90, 91
 Carnap, Rudolf · 1, 41, 211, 212, 229, 232, 362, 364
 Cartan, Henri-Paul · 102
 Carvajal Cordón, Julián · 134, 141, 293
 Cassirer, Ernst · 1, 55, 151, 168, 231, 360, 367
 Catalá de Alemany, Joaquín · 39
 Cavalieri, Bonaventura · 102
 Cecil Dampier, Sir William · 180
 Cervantes Saavedra, Miguel de · 357
 Chalmers, Alan F. · 19
 Chevalley, C. · 102
 Clarke, Samuel · 68, 92, 120
 Claude Clairaut, Alexis · 215
 Clifford, William Kingdon · 218
 Cohen, Hermann · 125
 Colerus, Egmont · 102, 217
 Commandino, Federico · 217
 Copérnico, Nicolás · 15, 17, 39
 Cotes, Roger · 97
 Coxeter, H. · 206
 Crusius, Christian August · 28, 31, 42, 68
 Cusa, Nicolás de · 15

D

Deleuze, Gilles · 255
 Delsarte, J. · 102
 Descartes, René · 10, 18, 21, 22, 26, 29, 57, 69, 76, 88- 90, 101, 104, 106, 111, 120, 160, 214, 286, 344, 358
 Diem, Konrad · 17
 Dieudonné, J. · 102
 Dingler, Hugo · 364
 Domínguez, Atilano · 53
 Driesch, Hans · 192
 Drossbach, P. · 1
 Ducrocq, Albert · 181
 Duque, Félix · 276, 355

E

Eberhard, Johann August · 43, 227, 238, 287
 Eddington, Sir Arthur Stanley · 180, 189, 192

Einstein, Albert · 1, 7, 8, 10, 11, 14, 19, 20, 21, 50, 59, 101, 137, 158, 164, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 174, 176, 178, 179, 180, 181, 183, 184, 186, 187, 190, 193, 194, 195, 196, 224, 229, 334, 337, 347, 358, 359, 361, 362, 363, 365, 366, 367, 372, 374, 375, 377
 Elsbach, A. C. · 367
 Engels, Friedrich · 39
 Eötvös, Roland von · 181
 Erdmann, Benno · 115
 Euclides de Alejandría · 14, 29, 186, 200, 204, 211, 215, 217, 253
 Eudoxo de Cnido · 102
 Euler, Leonhard · 59, 161

F

Faraday, Michael · 101, 165
 Felipe IV · 102
 Ferder, Johann Georg Heinrich · 79
 Fermat, Pierre de · 21, 102, 214
 Fitzgerald, George Francis · 165, 166
 Fizeau, Armand Hippolyte · 162, 164, 165
 Fontana, Niccolò · véase Tartaglia
 Frege, Gottlob · 224
 Fresnel, Agustin · 161, 162, 164
 Fridman, Alexander · 196, 197
 Fuentes Ortega, Juan B. · 23, 24

G

Galileo Galilei · 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 94, 100-103, 149, 167-169, 181, 357, 375
 Gamow, George · 162, 197
 García Morente, Manuel · 138, 327, 329
 García Norro, Juan José · 3, 121, 287, 343, 357
 Garve, Christian · 79, 115
 Gauss, Carl Friedrich · 92, 165, 186, 187, 215, 218
 Gemino · 217
 George, M. · 204
 Goethe, Johann Wolfgang · 17, 168
 Gonseth, Ferdinand · 217
 González Ruiz, Agustín · 2, 111
 Gottfried Galle, Johann · 101
 Gregoire de St. Vicent · 102
 Grossmann, Marcel · 187
 Grünbaum, A. · 92

H

Hammann, Johann Georg · 116
 Hawking, Stephen · 192, 196

Heidegger, Martin · 3, 58, 119, 127, 202, 203, 294, 343, 357
 Heimendahl, Eckart · 38
 Heisenberg, Werner · 8, 19, 20
 Helmholtz, Hermann L. F. von · 361
 Hentschel, K. · 2
 Hertz, Heinrich Rudolf · 164
 Herz, Marcus · 34, 63, 80, 81, 83, 84, 124
 Hilbert, David · 102, 212, 216, 223, 224
 Hintikka, J. · 208
 Hobbes, Thomas · 22
 Hook, Robert · 160
 Hume David · 26, 55, 75, 81, 96, 110, 114, 115, 116, 118, 312, 329, 350
 Husserl, Edmund · 3, 10, 16, 20
 Huygens Christiaan · 160, 161, 215

I

Ibn Al-Haitham, véase Alhazen

J

Jacobi, Friedrich Heinrich · 116
 Jastrow, Robert · 196

K

Kant, Immanuel · 1, 3, 5-8, 10-13, 17-19, 22, 26-28, 31, 33-37, 39-61, 64-66, 68, 70-73, 75-84, 86, 88, 90, 91, 105, 111-118, 120-122, 125, 126, 129, 132-136, 138-141, 143-157, 161, 168, 194, 199-201, 203, 204, 206-210, 212, 213, 217, 224-227, 229-242, 245, 247, 251, 252, 255-259, 261, 262, 264, 267-281, 283, 285, 287, 288, 290, 291, 293-297, 300, 310-312, 316-320, 322-327, 329, 330, 332, 334-344, 346, 348, 351, 357, 358, 362, 366, 367, 371, 375-378
 Kästner, Abraham Gotthelf · 239
 Kepler, Johannes · 16, 17, 39, 100-102
 Khayyam, Omar · 217
 Klein, Felix · 219
 Knutzen, Martin · 28, 37
 Kolakowski, Leszek · 108
 Körner, S · 224
 Koyré, Alexandre · 88, 181
 Kuhn, Thomas S. · 15

L

Lagrange, Joseph Louis, conde de · 217
 Lambert, Johann Heinrich · 37, 82, 83, 84, 217

Langevin, Paul · 192, 194
 Leonardo da Vinci · 15
 Laplace, Pierre Simon, marqués de · 38, 41, 101
 Le Verrier, Urbain-Jean-Joseph · 101, 189
 Legendre, Adrien-Marie · 206, 217
 Leibniz, Gottfried Wilhelm · 23, 26, 28, 30, 31, 34, 35, 37, 40, 41, 44, 45, 47, 68-70, 75, 76, 79, 101, 103, 104, 130, 199-201, 208, 213, 215
 Lemaître, Georges · 196
 Levi-Civita, Tullio · 187
 Lobachevsky, Nicolái Ivánovitch · 217, 218, 222, 225
 Locke, John · 75, 81, 105
 López Molina, Antonio M. · 77, 283, 295
 Lorentz, Hendrik Antoon · 165, 166, 167, 168, 172, 174, 193, 194, 229, 361, 372
 Lorenzo, Javier de · 231, 234, 366
 Lulio, Raimundo · 106

M

Mach, Ernst · 49, 50, 87, 92, 107-109
 Magno, Alberto · 106
 Malebranche, Nicolas · 56
 Mandelbrot · 92
 Martínez Marzoa, Felipe · 251
 Maxwell, James Clerk · 101, 163, 165
 Mendelssohn, Moses · 82, 83, 84
 Michelson, Albert Abraham · 162-164
 Miller, Arthur I. · 2
 Minkowski, Hermann · 22, 159, 174, 176, 177, 195, 229, 372, 373
 Montero Moliner, Fernando · 127
 More, Henry · 88
 Morley, Edward Williams · 163, 164
 Muñoz, Jacobo · 3, 23, 38

N

Napoleón I Bonaparte · 41, 217
 Nasir Eddin Al Tusi · 217
 Natorp, Paul · 360, 367, 371
 Navarro Cordón, Juan Manuel · 42, 54, 61, 235, 240
 Newton, Isaac · 8, 21, 34, 35, 39, 41, 44, 45, 47-49, 61, 87-90, 92-101, 103-107, 109, 120, 137, 141, 143, 144, 146, 147, 150, 153-157, 160, 161, 170, 179, 181, 215, 315, 316, 363, 366
 Nicolás de Cusa · 15
 Noxon, James · 96

O

Ockham, Guillermo de · 38
 Ordóñez, Javier · 16
 Ortega y Gasset, José · 375

P

Pablo III · 15
 Palacios, Juan Miguel · 123, 124, 133, 242, 264, 272, 338, 341
 Pap, Arthur · 225
 Papp, Desiderio · 21, 164, 187, 189, 190, 217
 Pappus de Alejandría · 22
 Paracelso (Theophrastus Bombastus von Hohenheim) · 106
 Parellada, Ricardo · 2
 Pascal, Blaise · 102
 Paton, Herbert James · 77
 Peano, Giuseppe · 91
 Platón · 21, 28, 203
 Plücker, Julius · 219
 Poincaré, Henri · 208, 364
 Popper, Karl R. · 163, 246, 374
 Posidonio de Rodas o de Apamea · 206, 217
 Proclo · 206, 208, 217

R

Rábade Romeo, Sergio · 55, 77, 116, 283
 Rada Eloy · 88, 95, 104
 Reich, Klaus · 115
 Reichenbach, Hans · 1, 41, 189, 192, 362, 364
 Reichenbach, Maria · 41
 Reinhold, Karl Leonhard · 287
 Rfbnikov, K. · 102, 217
 Ricci, Cristoffell de · 187
 Riehl, Alois · 115
 Riemann, Bernhard · 91, 92, 187, 218, 219, 220, 223
 Rioja Nieto, Ana · 2, 16, 41
 Rivadulla, Andrés · 162, 196
 Rodríguez García, Ramón · 235
 Rousseau, Jean-Jacques · 56
 Rovira, Rogelio · 121, 287
 Russell, Bertrand · 93, 166, 175, 211, 224

S

Saccheri, Girolamo · 217
 Sánchez Ron, José Manuel · 161, 168, 170, 182, 183, 229, 361
 Schlick, Moritz · 1, 229, 361, 377
 Schultz, Johann · 82, 83

Schwarzschild, Karl · 196
 Seelig, Carl · 374
 Sellien, Eduard · 1, 362, 366, 367
 Servet, Miguel · 106
 Sitter, Willem de · 196
 Sklar, Lawrence · 177
 Spinoza, Baruch · 56, 65, 69
 Stahl, Georg Ernst · 19
 Stegmüller, W · 114
 Stokes, George Gabriel · 162, 164, 165
 Strawson, Peter Friedrich · 1, 127
 Strohmeyer, I · 2
 Suárez, Francisco · 28
 Swedenborg, Emanuel · 56, 57

Wolff, Christian · 26, 28-31, 42, 110-114, 200,
 344

Y

Young, Thomas · 161, 164

T

Tartaglia · 15
 Tetens, Johann Nicholas · 84
 Calvo Martínez, Tomás · 8, 91
 Tonelli, Giorgio · 45
 Torretti, Roberto · 2, 37, 40, 41, 45, 83, 84,
 116, 136, 213, 217, 225, 232, 236, 239-241,
 287
 Torricelli, Evangelista · 19

U

Ulrich, Johann August Heinrich · 148
 Uña Juárez, Agustín · 42
 Urbano VIII · 18

V

Van Fraassen, Bas C. · 34
 Valentine, Basil · 106
 Vega, Luis · 200, 208
 Velarde, Julián · 23
 Vieta o Viète, François · 214
 Villacañas Berlanga · 61, 83
 Vleeschauwer, Herman-Jean · 35, 38, 42, 47,
 51, 54, 56, 64, 83, 84, 116

W

Wallis, John · 102, 206
 Weil, André · 102
 Weinberg, Steven · 182
 Werkmeister, W. H. · 1
 Weyl, Hermann · 192, 224, 372
 Wiredu, J. E. · 1, 212
 Wischart, M. K. · 372

Índice de materias.

A

A posteriori · 111, 121, 154, 232, 233, 271, 272, 285, 341, 346
A priori · 3, 5-7, 10, 11, 21, 27, 28, 36, 37, 43, 74-78, 82, 86, 110-112, 114-122, 124, 125, 127-130, 132, 134, 135, 138, 139, 141, 144-149, 153-155, 157, 200, 203, 204, 206, 207, 210, 211, 213, 224, 225, 228-235, 237, 240-243, 245-247, 249, 250, 254, 256-263, 266-269, 271, 274-277, 280-284, 288-297, 299, 308-312, 314-323, 326, 328-330, 337, 339, 341, 342, 344, 346, 349-353, 356, 360-363, 365-370, 374, 377, 378
Aberración estelar o de la luz · 161, 162, 164
- constante de · 161
Acción
- a distancia · 34, 45, 97, 106, 141, 335, 336, 337, 371, 372
- divina · 152
- recíproca · 32, 35, 42, 44, 69, 72, 132, 140, 141, 157, 324, 333, 335, 336, 356, 367, 371, 373
- transitiva · 61, 70, 72
Aceleración · 95, 99, 100, 107, 137, 139, 178, 179, 181-183, 195
Acelerador de partículas · 191
Álgebra · 7, 8, 21, 22, 207, 248, 252, 309, 360, 361, 367-369, 375-377
- de la experiencia · 7, 8, 248, 309, 360, 361, 367-369, 375-377
- del espacio · 252
Algebrización de la geometría · 13, 21, 22
Alma-cuerpo · 33, 34, 37, 56, 58, 65
Alquimia · 105-107
Alucinación · 130, 289, 297, 298
Analítica
- de los conceptos · 288
- trascendental · 77, 84, 228, 230, 251, 264
Analogía · 9, 25, 34, 59, 68, 114, 132, 134, 135, 138, 140, 144, 155, 157, 212, 237, 249, 279, 288, 295, 298, 309, 318, 319-325, 333, 335, 336, 343, 344, 346, 353, 362, 370, 374, 376
- euclídea · 309
- de la experiencia · 9, 132, 134, 135, 144, 155, 157, 237, 295, 298, 318-320, 322, 324, 343, 346, 353, 362, 370, 374, 376
- matemática · 132
Anillos de Newton · 160

Anticipaciones de la percepción · 17, 128, 130, 136, 294, 310, 314, 368
Antinomia · 45, 61, 66, 73, 75, 115, 293, 327
- de la razón pura · 66, 293
- matemáticas · 45
Apariencia · 71, 75, 109, 112, 121, 126, 153, 202, 256, 293, 295, 298
- dialéctica · 71, 112
Apercepción · 83, 85, 135, 251, 253, 255, 258, 261, 263, 266, 268, 269, 271, 272, 273, 276, 278, 280, 281, 283, 292, 320, 321, 322
Apodicticidad · 23, 76, 120, 157, 207, 247, 272, 293, 295, 362
Aporía · 58, 170, 234
Aprehensión · 130, 230, 255, 257, 258, 260, 261, 269, 280, 281, 294, 301, 305-308, 314, 322, 326, 328, 329, 332, 334, 336
Aritmética · 18, 21, 200, 207, 208, 213
Armonía preestablecida · 30, 37, 44, 61
Astronomía · 14, 15, 41, 161
Atomismo · 136, 327
Atracción · 39, 43, 47, 49, 96, 97, 137, 152, 180, 183, 196, 197, 346, 371
Autoconciencia · 83, 251, 255, 258, 261, 262, 264, 268, 270, 273
Axioma
- de Playfair · 206
- subrepticio · 31, 79
- de continuidad · 216
- de Euclides · 211
azar · 82, 134, 263, 353, 374

B

Banda de Moebius · 60
Big Bang · 197

C

Caída de los graves · 39, 100
Cálculo
- diferencial · 87, 101, 103
- infinitesimal · 17, 96, 103, 131, 315
- integral · 103
- tensorial · 159, 186, 188
Campo · 5, 20, 54, 58, 68, 101, 104, 116, 180, 181, 182, 183, 185, 188, 189, 194, 195, 243, 245, 267, 296, 298, 346, 351, 364, 367, 372
- antropológico · 267

- categorial · 54, 116
- centrífugo · 185
- gravitatorio · 180, 181-185, 186, 188, 189, 194, 195, 347, 367, 372
- Cantidad
 - de materia · 98, 100, 137, 138, 151, 152, 156, 327, 371
 - de movimiento · 95, 98, 151, 152
- Casquete · 221
- Categoría · 9, 53, 70, 75, 82, 84, 112, 121 123-126, 133-135, 140, 141, 147, 148, 150, 154, 168, 209, 231, 236, 240, 241, 243, 244, 251-254, 256, 257, 260-262, 265-267, 269, 270, 272-288, 291-293, 295, 297, 300-302, 306-308, 312, 313, 318, 321, 322, 324-326, 328-330, 333-335, 338, 340, 342, 348, 353, 355, 361, 368, 369, 376
 - de la cantidad · 134, 295, 300, 301, 302, 306, 313, 353
 - de la cualidad · 9, 134, 312, 313, 353, 368, 369
 - de la modalidad · 154, 338
 - de la relación · 318, 324
 - esquematizadas · 330, 243, 284, 369
 - puras · 127, 285, 287, 288
- Categorial · 54, 116, 122, 265, 273, 275, 279, 281, 301, 313, 321, 322, 329, 333
- Causalidad · 18, 44, 51-53, 56, 70, 81, 109, 110, 114, 116, 132, 134, 138-140, 171, 175, 241, 279, 289, 293, 319, 324, 328-335, 351, 353, 356, 369-373, 377
- Cerebro · 30, 57, 105
- CERN · 191
- Ciencia · 3-7, 10-12, 14-16, 19, 21-24, 26-29, 35-37, 41, 42, 44, 52, 54, 55, 58, 68, 71, 76, 80, 84, 86, 107, 110-112, 114-116, 118, 120-122, 124, 125, 127, 138, 143-147, 151, 154, 163, 180, 201, 204, 206, 211, 225, 229, 235, 242, 247, 251, 253, 260, 270, 284, 294, 296, 330, 352, 356, 366, 371, 378
- Cinemática · 49, 90, 149, 194
- Círculo de Viena · 229, 287
- Coefficientes métricos · 187, 188
- Co-matematización · 17, 22
- Cometa Encke · 189
- Commercium* · 141, 334, 337
- Como sí · 150, 266
- Ccomplemento de la posibilidad · 31, 344
- Compositum* · 73, 302, 303
- Concepto
 - construcción del · 3, 9, 37, 91, 146, 147, 148, 150, 155, 200, 204, 207, 208, 210, 211, 213, 215, 227, 234, 235, 240, 246, 251, 270, 286, 287, 291, 294, 306, 308, 309, 361
 - empírico · 71, 123, 145-147, 154, 237, 255, 262, 285, 290, 293, 329
 - *a priori* · 231, 256, 257, 258, 259, 260, 262, 294, 342
 - esquematizado · 246
 - puro · 53, 77, 82, 84, 124, 125, 126, 127, 209, 231, 243, 256, 261, 278, 283, 284, 288, 297, 338
- Conciencia · 19, 55, 56, 66, 70, 74, 77, 79, 92, 117, 125, 127, 130, 135, 144, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 276, 279, 281, 282, 283, 291, 299, 300, 306, 307, 317, 320, 321, 329, 332, 345, 347
 - autoconsciente · 258, 259, 261, 269, 270, 271, 320, 321, 329
 - empírica · 135, 258, 259, 262, 268, 274, 279, 281, 317, 320, 329, 345
 - trascendental · 268, 332
- Cono de luz · 177, 373
- Conocimiento · 3-7, 10, 16-19, 22, 24-30, 33, 43, 44, 50, 52, 54-56, 68-72, 74-77, 79, 80, 83, 84, 86, 93, 110-113, 115-119, 122, 125, 127, 132, 133, 141, 144-148, 155, 157, 165, 180, 200, 202, 203, 207, 209, 211, 213, 216, 225, 228-231, 234, 235, 240, 242, 245, 246-248, 251-254, 256-258, 260, 262-264, 266-271, 274, 275, 277, 279-284, 288, 290-293, 295, 296, 308, 310, 314, 317, 318, 321-323, 330, 335, 337, 340-342, 345, 346, 350, 352, 357, 360, 375-378
 - discursivo · 201, 202, 207, 213, 294, 317, 293
 - analógico · 68, 132, 279, 288, 323, 369
- Conservación
 - de la energía · 137, 138
 - de la materia · 137, 155
 - sustancia · 136, 137
- Constante
 - cosmológica · 196
 - de Planck · 17, 300, 315
 - dieléctrica · 194
 - magnética · 194
- Contracción Lorentz-Fitzgerald · 166, 168
- Contrapartida incongruente · véase "Parejas incongruentes"
- Convencionalismo · 246, 364, 365
- Coordenadas
 - cartesianas · 168, 180, 182, 193, 214, 358, 361
 - gaussianas · 159, 186, 187, 188, 195, 360
 - intrínsecas · 218
- Cosa en sí · 53, 66, 67, 72, 73, 75, 80, 82, 112, 120, 121, 245, 150, 262, 275, 276, 278, 279, 292, 347
- Cosmología · 29, 31, 276
- Cosmonauta de Langevin · 192, 194
- Covarianza · 182, 192, 357, 359, 360, 365, 370
- Cristianismo · 27, 29, 38

Cuadridimensional · 174, 188, 359

Cualidades

- ocultas · 150, 96, 97
- primarias · 22, 72
- secundarias · 20, 22, 71
- sensibles específicas · 14, 17, 20-22, 131, 315

(Cuasi)

- elementos · 315, 316
- imagen · 306
- intuición · 7, 306, 309
- imagen · 306

Cuerpo · 10, 30, 34, 35, 37, 47, 49, 57, 58, 59, 60, 61, 65, 67, 69, 88, 89, 90, 91, 93, 94, 95, 98, 99, 106, 107, 108, 109, 117, 128, 137, 139, 140, 146, 151, 152, 153, 154, 156, 180, 183, 184, 186, 192, 195, 203, 366, 367, 368, 372

- enantiomorfos · 60
- masivos · 373

Curvatura · 5, 6, 92, 179, 180, 182, 183, 186, 187, 188, 199, 215, 218, 219, 221, 222, 223, 245, 286, 347, 360, 364, 367, 369, 371

- gaussiana · 215, 222
- total · 215

D

Deducción

- metafísica · 273, 280
- trascendental · 110, 121, 122, 124-126, 148, 228, 252, 257, 259, 262, 263, 280, 342

Densidad · 48, 97, 136, 137, 152, 196, 197

Determinismo · 42, 241

Dialéctica trascendental · 67, 279, 293

Dinámica · 35, 48, 49, 66, 89, 90, 98, 140, 143, 148-150, 154, 155, 194, 293, 294, 318, 330, 336, 337, 357, 371

Dios · 12, 17, 28, 30, 32, 33, 34, 36, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 50, 51, 52, 53, 56, 65, 70, 72, 75, 76, 81, 87, 88, 104, 105, 106, 111, 147, 150, 158, 218, 243, 253, 349, 374

Disciplina de la razón pura · 206, 351

Doctrina trascendental del método · 234

Dogmatismo · 6, 55, 57, 81, 113, 115, 120, 126, 150, 200, 201, 206, 213, 262, 277, 279, 294, 333, 341, 348, 357, 358, 375

E

Eclíptica · 189

Efecto

- Doppler · 190
- Einstein · 190
- efectos relativistas · 192, 193, 336

Eje de coordenadas · véase "Coordenadas"

Elástico · 49

Electromagnetismo · 101, 131, 161, 170, 178, 193, 336, 358

Empirismo · 55, 127, 228-230, 233, 246, 312

Energía · 35, 99, 130, 137, 138, 184, 188, 191, 300, 366, 370, 371

- cinética · 35, 137

- potencial · 137

Enlace · 52, 77, 83, 124, 138, 145, 156, 243, 249, 251, 252, 253, 254, 255, 257, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 275, 276, 280, 281, 282, 283, 293, 295, 296, 297, 310, 318, 319, 321, 322, 328, 329, 343, 346, 347, 374

- físico · 318

- metafísico · 318

Ens

- *imaginarium* · 244

- *rationis* · 243

Ente · 8, 10, 12, 17, 23, 29, 31, 34, 36, 37, 42, 51, 53, 55, 58, 63, 64, 68-71, 76, 77, 80-84, 90, 103, 111, 113, 115-117, 121, 123-127, 129, 130, 134, 135, 141, 143-145, 147, 154, 155, 157, 208, 209, 231, 233, 235, 238, 242-244, 250-252, 254-256, 262, 267, 269, 272, 273, 275-284, 286-295, 297, 299, 307, 309, 310, 312, 314, 316, 318, 322, 324, 325, 335, 338-340, 342-344, 348-350, 352, 376, 378

Entendimiento · 8, 10, 12, 17, 31, 36, 37, 51, 53, 55, 63, 64, 68-71, 76, 77, 80-84, 111, 113, 115-117, 121, 123-127, 129, 130, 134, 135, 141, 143-145, 147, 154, 155, 157, 208, 209, 231, 233, 238, 242, 243, 250-252, 254-256, 267, 269, 272, 273, 275-284, 286-295, 297, 299, 307, 309, 312, 314, 316, 318, 322, 324, 325, 335, 338-340, 342-344, 348, 350, 352, 376

Epiciclos · 39

Epistemología · 23, 110, 229, 246, 362, 378

Escepticismo · 26, 28, 120

Escolástica · 28, 57, 97, 343

Escorzo · 76

Escuela de Marburgo · 125

Espacio · 2, 6, 7, 9-12, 14, 18, 22, 25, 26, 31-37, 40-43, 45-49, 56-68, 70, 72, 74-79, 82, 83, 87-95, 101, 105-107, 109, 115, 119, 120, 122, 123, 127-129, 133, 135-138, 140, 141, 147-150, 152-155, 157, 159, 160, 163, 165, 166, 168, 170-180, 182-184, 186-188, 191-195, 200, 201, 204-214, 216, 218, 221-225, 228-231, 233-256, 259-261, 263, 266, 268, 269, 274, 276, 278-287, 292, 295-299, 301-309, 312, 314, 315, 318, 326, 327, 332-337, 342, 343, 347, 348, 352, 353, 357, 358, 360-364, 366-369, 371, 373, 376

- absoluto · 32, 41, 49, 58-61, 65, 87-90, 92-95, 107, 120, 149, 153, 160, 168, 172

- divisible al infinito · 34, 45, 46, 150, 151
 - euclídeo · 36, 90, 92, 183, 187, 188, 215, 218, 221-223, 225, 244-248, 252, 256, 276, 298, 306, 310, 314, 321, 347, 359, 361, 364, 366, 367
 - percibido · 37
 - real · 37, 41, 46, 61, 72
 - riemanniano · 221, 222, 223, 276
 - vacío · 40, 45, 48, 78, 141, 149, 237, 336, 337
 - y tiempo · 18, 22, 68, 75, 76, 78, 87, 88, 119, 165, 194, 229, 238, 242, 245, 251-253, 254, 260, 268, 275, 278-281, 285, 292, 302, 304, 306, 307, 315, 336, 358, 366
 - como multiplicidades infinitas y continuas · 77, 254, 304
 - espacio empírico · 147, 149
 - espacio no-orientable · 60
 - Espacio-tiempo · 5-7, 22, 23, 159, 174, 176, 177, 182, 183, 186, 187, 188, 193, 194, 195, 245, 274, 275, 278, 286, 298, 303, 308, 314, 336, 358, 359, 363, 367, 369, 371-373
 - fantasma · 159, 176, 373
 - Espinocismo · 65, 73
 - Espontaneidad · 69, 77, 123, 251, 254-256, 258, 260, 267, 276, 280, 282, 309, 347
 - Esquema · 3, 7-9, 11, 24, 126, 158, 204, 208, 209, 210, 222, 126, 135, 208, 209, 236, 240-244, 246, 248, 250, 252, 256, 257, 261, 262, 275, 276, 278, 280, 283-287, 295, 297, 300-306, 308, 309, 312-314, 321, 324-326, 328, 333, 338, 347, 360, 366, 376, 377
 - espacial · 11, 256, 261, 278, 285, 298, 302, 304, 309, 360, 366
 - Esquematismo · 126, 127, 199, 208, 240, 243, 246, 263, 269, 283, 284, 286, 288, 292, 305, 328, 330
 - Estética trascendental · 63, 77, 79, 112, 146, 228, 234, 235, 237, 239, 345, 280, 281
 - Estructura · 5-8, 14, 18, 26, 28, 35, 36, 48, 77, 93, 102, 160, 174, 182, 183, 186, 193, 211, 221, 223, 225, 237, 243-247, 250, 254-256, 272, 274, 276, 277, 285-287, 292, 295, 297, 303-305, 308, 311, 314, 320, 331, 334, 337, 340, 347, 364, 366, 369, 373, 376
 - del espacio · 6, 14, 35, 36, 48, 221, 250, 255, 303, 376
 - Éter · 48, 49, 97, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 172
 - Ética · 1, 52
 - Evidencias inmediatas · 55, 59
 - Existencia · 5, 9, 14, 15, 23, 31-33, 37, 41-44, 46, 48, 50-53, 56, 58-60, 64, 65, 67, 68, 70, 72, 78, 81, 93, 97, 101, 104, 106, 111, 113, 114, 120-122, 126-128, 130, 132-134, 136, 141, 146, 148, 152, 155, 160, 163, 166-168, 170, 176, 178, 196, 206, 207, 219, 224, 240, 244, 246, 248, 249, 256, 263, 272, 278, 279, 286, 287, 289, 293, 298, 316, 318-325, 333, 336, 338-340, 343-352, 361, 362, 369, 373, 375, 377
 - Experiencia · 3-9, 11, 19-21, 23, 30, 50, 55, 58, 70, 71, 75, 81-83, 95, 107, 108, 110, 112, 113, 115-117, 121-128, 132-135, 141, 144, 145, 147, 148, 150, 151, 153-155, 157, 168, 201, 203, 209, 212, 213, 227, 229, 230, 237, 241, 243-252, 255-257, 259, 260, 262, 263, 268-272, 277-286, 288, 290-292, 294-299, 308-314, 317-327, 333, 335-343, 345-353, 356, 359-373, 375-377
 - interna · 55, 83, 117, 213, 326
 - intrateórica · 245, 286, 308, 309, 317, 343, 346, 347
 - posible · 3, 5-7, 9, 23, 70, 75, 82, 112, 113, 125, 127, 128, 132, 134, 135, 141, 150, 241, 243-246, 256, 257, 272, 277-279, 283, 286, 288, 290, 291, 294-297, 299, 308, 313, 317, 320, 326, 340-343, 346, 347, 350-352, 361, 363, 365, 369-371, 373, 376, 377
 - transfigurada · 257
 - Experimentación · 16, 194
 - Experimento
 - del balde o cubo de agua · 107
 - del disco giratorio · 185
 - de Michelson-Morley · 101, 159, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 169
 - de Pisa · 181
 - Exposición
 - metafísica · 74, 77, 228, 237, 238, 242
 - trascendental · 74, 228, 242
 - Extensión · 12, 34, 36, 40, 59, 80, 88, 92, 96, 97, 105, 130, 197, 204, 278, 375
-
- F**
- Facultad · 71, 76, 82, 112, 133, 210, 235, 236, 251, 252, 255, 263, 268, 269, 279, 281, 290, 318, 319, 338, 339, 348, 350
 - Fenómeno · 6, 43, 58, 66, 67, 71, 73, 105, 112, 120, 122, 126, 128-130, 132, 138, 146, 150, 151, 153, 160, 161, 165, 180, 181, 193, 238, 244, 251, 257, 261, 276, 281, 293, 295, 297, 306, 307, 311-319, 321-323, 325-329, 342, 347, 372
 - esquemático · 261
 - Fenomenología · 3, 10, 80, 148, 154, 155, 343, 357
 - Filosofía
 - crítica · 22, 27, 53, 55, 58, 91, 116, 134, 155, 232, 234, 291, 339
 - práctica · 29
 - primera · 8, 28, 29, 157, 247, 293, 325

- racionalista · 200, 213
 - trascendental · 2, 5, 26, 27, 33, 82, 246, 253, 309, 353, 363
- Física · 4-9, 14, 19, 20, 26, 29, 33-37, 41, 45-47, 54, 56, 61, 68, 88, 96, 98, 101, 103, 104, 117, 134, 141, 144, 145, 147, 150, 151, 154, 157, 162, 169, 177, 181, 189, 193, 194, 196, 199, 200, 211, 212, 218, 226, 229, 231, 234, 247, 275, 293, 294, 337, 347, 357, 358, 359, 363-367, 372, 374, 375, 377
- Fluxiones · 316
- Forma
- del mundo · 72, 73, 75, 78
 - del sentido externo · 78, 82
 - del sentido interno · 78, 82, 236, 249, 259
 - pura · 6, 8, 77, 112, 122, 129, 212, 231, 237, 239, 241, 246, 253-255, 274, 275, 281, 283, 302-309, 328, 343, 357, 360, 361, 366, 376
- Formalismo · 224, 359
- Foronomía · 49, 148, 149, 154
- Fractal · 92
- Fuerza · 35, 38, 39, 45, 47-49, 57, 87, 89, 94-99, 105-107, 132, 137, 139, 149-152, 154, 156, 159, 164, 178-183, 195, 196, 229, 276, 315, 318, 330, 331, 355, 367, 371, 372
- de atracción · 47-49, 97, 149, 150, 152, 183, 196, 367, 371
 - expansiva · 39, 47, 49, 57, 149, 150, 152, 196, 367, 371
 - motriz · 99, 139, 151, 154, 156
 - centrífuga · 95, 107
 - centrípeta · 95
 - fundamentales · 149, 150, 152, 153, 367

G

- Geodésicas · 188, 215, 220, 223
- Geómetras · 14, 46
- Geometría
- analítica · 207, 213-216
 - de Bolyai-Lobachevsky · 218, 219, 220, 221, 222, 223
 - cartesiana · 199, 213, 215, 216
 - diferencial · 17, 187, 215, 216, 359, 360
 - elíptica · 219, 220, 253
 - esférica · 186
 - euclídea · 204, 222, 225, 226, 241, 243, 244, 247, 248, 253, 303, 305, 310, 359, 363, 366
 - fractal · 92
 - hiperbólica · 186, 219, 220
 - riemanniana · 5, 187, 218, 375
 - suprema o general · 36, 37, 253, 275, 286

- no euclidiana · 11, 14, 90, 91, 199, 200, 206, 211, 216, 224, 225, 239, 303, 305, 346, 360, 378

Gnoseología · 24, 25, 84, 157, 375, 378

Gran Explosión · 197

Gravitación · 39, 43-45, 100, 101, 106, 109, 141, 146, 179-183, 362, 371

- universal · 12, 36, 39, 43, 45, 100, 141, 146, 371

H

Heterogeneidad · 78, 132, 293, 318, 323

Híades · 189

Hilo conductor · 26, 84, 294

Hipótesis · 13, 15-17, 20-23, 30, 38, 41, 48, 96, 162, 165-167

- *...non fingo* · 21, 96

Homogeneidad · 14, 49, 66, 91, 93, 293, 295, 297, 299, 300, 307, 318

I

Idealidad · 2, 20, 46, 64, 65, 67, 68, 76, 82, 83, 120, 206, 208, 239, 263, 358

- del espacio · 2, 46, 64, 65, 67, 68, 83, 208, 239

Idealismo · 24, 25, 79, 88, 105, 115, 120, 124, 127, 155, 242, 249, 262, 271, 375

- alemán · 24
- empírico · 120
- gnoseológico · 24
- ontológico · 24
- subjetivo · 271
- trascendental · 25, 120

Ilusión trascendental · 121, 240

Imagen · 2, 20, 60, 161, 186, 209, 210, 226, 241, 243, 247, 248, 250, 284, 285, 287, 295, 297, 301, 303-306, 308, 325, 326, 376

Imaginación · 7, 9, 76, 77, 78, 84, 104, 123, 126, 201, 204, 208, 209, 227, 230, 248, 251, 252, 254-258, 266, 267, 279, 280, 283, 285, 287, 288, 292, 296, 302, 304, 306, 316

- productiva o pura · 7, 9, 76, 77, 84, 204, 209, 254, 255, 256, 280, 283, 285, 292, 296, 302, 304, 306, 316
- reproductiva o empírica · 76

Impenetrabilidad · 47-49, 57, 88, 96, 97, 105, 150, 367

Inercia · 48, 93, 94, 96, 98, 106, 107, 139, 156, 181, 182, 188, 331, 362

Infinitesimal · 17, 96, 101, 103, 131, 139, 149, 151, 253, 315, 332, 367

Infinito

- actual · 239, 369
- potencial · 212, 240, 250, 369

- simultáneo · 73
- Influjo · 72, 184, 335
- Inmanente · 24, 106
- Intensidad · 18, 130, 131, 136, 137, 185, 188, 298, 311-315, 317, 355, 367, 369
- Interacción · 10, 22, 33, 35, 37, 43, 47, 58, 61, 65, 72, 106, 108, 110, 140, 156, 160, 240, 289, 298, 319, 324, 326, 333, 336, 373
 - alma-cuerpo · 33
 - entre las fuerzas · 47
- Interferómetro · 163, 164, 166
- Intervalo
 - espacial · 9, 176, 177, 369, 373
 - temporal · 9, 175, 177, 369, 372, 373
- Intrateórico · 7-9, 11, 245, 275, 276, 285, 286, 295, 298, 300, 302, 303, 306-309, 314, 317, 343, 346, 347, 360, 361, 363, 368, 373, 376
- Intuición
 - empírica · 76, 78, 124, 212, 230, 237-239, 244, 247, 259-261, 272-274, 278, 281, 282, 301, 303, 309, 315, 318, 322, 330, 334, 342, 353
 - pura · 6-9, 76-78, 118, 119, 129, 206, 225, 231, 233-236, 240-242, 244, 247-250, 254, 255, 257, 260, 261, 263, 275, 276, 278, 282, 284, 290, 297, 301-309, 312, 348, 359, 361, 363, 375, 376
- Intuicionismo · 199, 223, 224
- Intuitivo · 5-8, 20, 21, 23, 59, 64, 76, 126, 199, 203, 204, 206, 207, 210, 212, 216, 219, 224-226, 235, 239, 241, 243-247, 252-255, 259, 261, 267, 269, 272, 280, 281, 285, 287, 291, 293-295, 297, 303, 308, 340, 346, 347, 359-361, 364, 366, 376
- Isotropía · 14, 91, 171, 177

J

- Juicio · 27, 285
- Juicios
 - esquemático · 240, 241
 - *a priori* · 117, 118, 231
 - analíticos · 111, 117, 213, 231-234, 290, 314
 - categóricos · 232, 271
 - de ampliación y de explicación · 117
 - de experiencia · 121-125, 133, 270
 - percepción · 121-123, 270
 - empíricos · 123, 230, 337
 - explicativos · 232
 - sintéticos *a priori* · 5, 11, 110-112, 114, 117, 118, 124, 127, 155, 204, 206, 213, 228, 230, 231, 233-235, 246, 291, 296, 314, 363, 378

K

- Königsberg · 42, 58

L

- Leibniz-Clarke · 68, 101, 104, 215
- Ley
 - de inercia · 93, 94, 107, 139, 182, 188, 331
 - de Kepler · 39
 - empírica · 153, 362
 - de la mecánica · 135, 140, 144, 146, 152, 153, 155-157, 327
 - del movimiento · 16, 94, 95, 96, 98, 110, 135, 137, 139, 140, 155, 156, 188
- Libertad · 8, 42, 66, 126, 241, 293, 308, 341
- Límites del conocimiento · 56, 231
- Línea universal · 176, 187, 188
- Lógica trascendental · 3, 84, 114, 352, 377
- Logicismo · 31, 42, 199, 223, 224
- Luna · 95, 98, 100, 346

M

- Magnitud
 - extensiva · 17, 129-131, 295, 299, 301, 304-308, 310, 315-317, 368
 - intensiva · 9, 14, 17, 129-131, 136, 139, 150, 200, 295, 310, 316, 317, 328, 331, 353, 367-369
 - negativa · 33, 51, 52, 57
- Marte · 106, 189
- Masa · 35, 39, 48, 98, 99, 107, 109, 136, 137, 145, 146, 151, 179, 181, 184, 191, 195, 362, 366-368, 370, 371
 - gravitatoria · 146, 181, 362, 363,
 - inercial · 181, 362
 - pesante · 181
- Matemática · 3-8, 10, 11, 13-16, 18, 20, 22-24, 27, 29, 36, 48, 52, 54, 55, 61, 68, 76, 86, 96, 98, 102, 103, 110, 111, 117-119, 122, 124, 128, 132, 147-151, 186, 200, 203-209, 211-213, 216, 224-226, 230, 231, 233-235, 240, 242, 244, 245, 247, 251, 253, 276, 294, 296, 297, 307-309, 314-316, 360, 363, 366, 368, 375, 376
- Matematización · 3, 14, 15, 17, 20, 21, 33, 35, 131
- Materia · 6, 34, 38-40, 44, 45, 48, 49, 51, 57, 59, 60, 72-74, 82, 88, 93, 97, 98, 100, 104-106, 112, 119, 123, 128, 136-140, 145-156, 165, 166, 168, 183, 188, 194, 196, 197, 238, 251, 254, 283, 296, 297, 311, 312, 314, 315,

326, 327, 340, 342-344, 346, 356, 366, 367, 370, 371

- de fuego · 49
- móvil · 148-150, 152, 154

Mathesis universalis · 22

Mecánica · 87, 134, 140, 141, 143, 151, 169, 174, 195, 221, 300, 315, 330, 374, 378

Medición · 5, 17, 18-20, 22, 23, 38, 67, 93, 99, 102, 104, 129-131, 133, 140, 146, 151, 157, 163, 166, 172, 184-186, 188, 194, 204, 211, 221, 222, 232, 249, 272, 293, 298, 300, 302-307, 313, 318, 331, 333, 336, 339, 340, 348

Mente · 10, 24, 30, 33, 41, 69, 81, 82, 115, 230, 235, 236, 242, 250, 251, 254, 260, 262, 264, 267, 270, 279, 282, 284, 285, 295, 310, 348

Mercurio · 101, 188, 189, 195

Mesones · 191

Metafísica · 2, 6, 10-12, 23, 26-29, 31, 32, 34, 37, 42-46, 52, 54-59, 61, 67, 68, 70, 71, 74, 77, 80, 83, 98, 110, 111, 114-116, 118, 121, 126, 128, 143, 144, 146, 147, 150, 154, 200, 213, 228, 230, 232, 233, 237, 238, 242, 268, 273, 276, 280, 338, 340, 341, 344, 348, 352, 357, 358, 367, 375

- crítica · 150
- dogmática · 6, 57, 126, 150, 213, 341, 348, 358, 375
- mecanicista · 150

Método

- analítico · 114, 118, 213, 310
- de exhaución · 102
- sintético · 29, 118, 213

Métrica · 172, 174, 186, 187, 196, 221, 303

Molusco · 186, 187

Mónada · 30, 34, 44, 46-49, 150, 152

More geometrico · 22, 375

Movimiento

- absoluto · 49, 88, 89, 94, 95
- celeste · 38
- circular · 94, 95, 107, 154
- filosófico · 89
- infinitesimal · 149, 367
- orbital · 39
- periheliaco · 101, 188, 189, 194
- rectilíneo · 93, 139, 153, 154, 163, 167, 168, 178, 194, 359
- relativo · 89, 94, 95
- verdadero · 89, 94

Mundo · 1, 2, 4, 5, 7-9, 14, 15, 18, 20-25, 29, 33, 34, 37, 38, 48, 52, 53, 56, 63, 64, 66, 68, 72-76, 78, 82, 83, 88, 93, 94, 98, 104, 108, 111, 134, 135, 145, 147, 150, 151, 160, 167, 174-176, 178, 180, 182, 186, 211, 212, 226, 236, 240, 244, 246, 247, 253, 306, 316, 327, 343, 352, 353, 357, 358, 360, 361, 363, 368, 369, 374, 375, 376

- externo · 23, 24, 25, 236, 375

- inteligible · 33, 64, 72, 73, 74, 82
- sensible · 33, 34, 63, 64, 72, 73, 74, 75, 78, 82, 83

Mundos posibles · 37, 40, 73, 85

N

Natura formaliter spectata · 122, 144

Natura materialiter spectata · 122, 144

Naturaleza · 3, 4, 8, 12, 15-21, 23, 24, 26-28, 33, 34, 36, 39, 40, 44, 59, 66, 68, 71, 80, 81, 86, 92, 96-98, 109, 110, 118, 120-122, 124, 125, 131, 132, 134-136, 138, 143-148, 150-152, 154, 156, 160, 162, 165, 168, 169, 178, 180, 182, 192-194, 201, 203, 204, 207, 231, 241, 247, 252, 258, 263, 267, 269, 271, 281, 286, 287, 289, 293, 310, 320, 322, 325, 326, 330, 337, 352, 353, 356-359, 362-367, 369-371, 374-376, 379

Necesidad

- condicionada · 135, 349, 352
- hipotética · 134, 352
- lógica · 337, 348
- real · 348-350, 351, 352

Neokantianos · 1, 83, 356, 360

Neptuno · 101

Newtonianos · 33, 34, 38, 45, 161

Nihil

- negativum · 52, 244, 341
- privativum · 52, 244, 312

Noúmeno · 67, 71, 241, 243, 309

Núcleo primordial · 196

O

Objeto

- matemático · 209, 212, 235, 240, 241, 243, 244, 247, 276-278, 284, 286
- no euclídeo · 9, 210, 244, 248, 250, 256, 257, 276, 279, 287, 296, 298, 306, 308-310, 314, 317, 321, 361, 362, 364
- trascendental · 245

Ocasionalismo · 56

Ontología · 3, 6, 25, 27, 29, 30, 90, 134, 155, 157, 230, 247, 269, 290, 293, 294, 310, 337, 348, 352, 353, 360, 374, 375

- crítica · 247, 290, 293, 352, 353

Oposición

- lógica · 53, 54
- lógico-real · 10, 376
- real · 53, 54

Óptica · 97, 160, 161, 364, 168, 361

Órbita · 39, 101, 161, 189, 190, 191, 195

Oriciclo y orisfera · 222

P

Paraboloide hiperbólico · 221, 222

Paradoja

- de los gemelos · 192
- de Russell · 224
- del barbero · 224
- de Zenón · 14, 300

Paralogismo · 67

Parejas incongruentes · 59, 60, 64, 68, 76, 120, 240

Partes simples · 46, 48, 73, 238

Partícula · 49

- subatómica · 191

Pasividad · 69, 76, 77, 106, 345, 347

Péndulos · 181, 190

Pensamiento divino · 40, 105

Percepción

- directa o indirecta · 9, 33, 230, 236, 250, 259, 284, 310, 348, 350, 369, 373
- indirecta · 5, 7, 9, 236, 244, 351, 369

Percepciones enlazadas · 230, 247, 261, 281, 282, 283

Permanencia de la sustancia · 110, 132, 135, 138, 289, 324, 330

Phaenomena substantiata · 73, 327

Planeta · 16, 38, 39, 95, 98, 100, 195, 296

Plétora · véase "Cualidades sensibles específicas"

Posibilidad

- de la experiencia · 122, 125, 141, 148, 155, 256, 257, 261, 270, 281, 282, 291, 296, 310, 320, 352, 371
- lógica · 111, 113, 286, 296, 340-342, 343
- real · 286, 340-343

Positivismo · 1, 6, 11, 26, 108, 277, 278, 287

Postulado

- de la existencia · 289, 343
- de la necesidad · 289, 348
- quinto o de la paralelas · 186, 199, 205, 206, 210, 211, 217-220, 225, 253, 286
- de la posibilidad · 133, 341, 373
- del pensamiento empírico · 295, 319, 338

Predicado real · 41, 53, 113, 133, 339, 344

Principio

- de acción y reacción · 99
- de causalidad · 52, 53, 132, 134, 138, 139, 140, 289, 330, 351, 353, 373, 377
- constitutivos · 113, 128, 132, 295, 297, 319, 327
- de covarianza · 182, 357, 359, 360, 365, 370
- dinámicos · 126, 127, 132, 293, 298, 318, 319

- del entendimiento puro · 124, 125, 127, 130, 135, 143-145, 154, 289, 290, 293, 294, 299, 314, 322, 325, 342, 343, 350
- de equivalencia · 9, 159, 181, 182, 185, 195, 362, 363, 365, 370
- fisiológicos · 110, 124
- fononómicos · 151, 153
- de identidad · 52, 53
- de inercia · 98, 106, 139, 156
- de inherencia · 155
- de interacción · 156, 319, 373
- matemáticos · 126, 127, 128, 131, 132, 293, 295, 297, 298, 316, 321
- de la necesidad · 133, 134, 353
- de (no) contradicción · 30, 42, 66, 71, 111-114, 117, 118, 207, 233, 242, 290, 337, 341, 348, 349
- de la posibilidad · 133
- de la producción · 140, 156, 333
- de la realidad · 133
- regulativos · 132, 318, 319, 324, 327
- de relatividad · 9, 94, 149, 167-169, 357, 361, 365, 370, 372
- de relatividad de Galileo · 94, 149, 167
- principio de razón determinante · 42
- de razón suficiente · 30, 42, 43, 112-114
- supremo · 114, 122, 127, 128, 131, 134, 155, 269, 290, 291, 294, 309, 352, 353
- de tercio excluso · 224, 337

Proposiciones

- analíticas · 36, 118
- sintéticas · 36, 225, 268, 339

Pseudo-imagen · 308, 309

Psicología · 29, 31, 78, 79, 84, 117, 120, 125, 127, 145, 147, 237, 275, 279, 283

- empírica · 117, 125, 283

- racional · 275, 279

Punto-suceso · 176, 178, 336

Q

Qualitas · 130, 315

Quanta · 129, 204, 300, 302-306

- *continua* · 129, 302, 304-306

Quantitas · 129, 130, 204, 289, 300-303, 305, 307, 313, 315, 317

Quantitates · 300, 304

Quantum · 129, 136, 149, 156, 299-302, 304, 305, 307, 313, 325, 331, 370

- *constante* · 331

Quiddidad · 130, 133, 317, 337, 344

Quilíogono · 287

Química · 145

R

Realidad

- efectiva o fáctica · 128, 133, 289, 297, 338-341, 343, 345, 346, 348

Realismo

- empírico · 121
- gnoseológico · 24, 25
- ontológico · 24
- trascendental · 120

Receptividad · 70, 71, 231, 248, 252, 253, 258, 260, 324, 344, 348

Regla del paralelogramo · 100

Reglas de oposición · 52

Relación alma-cuerpo · 34, 56, 58, 65

Relatividad · 2, 4-11, 14, 50, 92, 94, 137, 141, 149, 157-161, 166-172, 174, 175, 178, 182-184, 186, 188, 189, 191, 192, 194, 196, 212, 224, 226, 229, 241, 245, 298, 308, 322, 334, 335, 337, 343, 355-357, 359-373, 375, 377, 378

- de la simultaneidad · 172, 372
- de la sucesión · 372
- del espacio · 172, 174, 191, 194
- del tiempo · 174

Reloj · 30, 39, 104, 170, 173, 174, 184, 185, 190, 192, 194, 334

- cósmico · 39
- óptico · 173, 190

Reposo · 32, 33, 49, 89, 93, 94, 98, 107, 108, 137, 139, 140, 149, 150, 152, 153, 156, 161, 163-165, 167, 168, 170-172, 179, 181, 184, 185, 190, 194, 334, 367, 369, 371

Representaciones · 4, 37, 38, 55, 65, 69, 74-76, 78, 80, 81, 112, 120, 121, 123, 125, 130, 134, 135, 139, 144, 147, 174, 216, 228, 231, 236, 237, 239, 249, 253, 257, 258, 260-264, 266-, 271-273, 280, 281, 288, 291, 320, 328-330, 334, 347, 348

Res

- *cogitans* · 10, 22, 24, 358
- *extensa* · 10, 14, 18, 22, 24, 25, 48, 358
- *infinita* · 22, 25

Rotación · 107

Rozamiento · 38, 100

S

Sensación · 31, 57, 60, 61, 119, 122, 128, 133, 231, 237, 238, 240, 243, 247, 249, 251, 294, 297, 310-317, 324, 340, 342, 343, 345, 350, 368, 373

Sensibilidad · 51, 63, 64, 68-73, 75-77, 79-83, 112, 115, 119, 120, 123, 124, 144, 145, 208, 209, 235-238, 240-242, 245, 246, 248, 250, 252-256, 258-260, 266, 269, 274-276, 282-

288, 291, 292, 294, 304, 305, 307-309, 314, 340, 342, 344, 346-348

Sensorium Dei · 106, 155

Sentido

- externo · 78, 82, 241, 301
- interno · 78, 79, 82, 145, 147, 236, 249, 259, 309, 326

Seres vivos · 153, 192

Seudoesfera · 221, 222, 223

Símbolo · 22, 201

Simetría quiral o especular · 60

Simplicidad, criterio de · 108, 316, 364, 365

Simultaneidad · 8, 73, 78, 79, 132, 138, 140, 141, 159, 169-172, 193, 228, 236, 249, 259, 301, 302, 305, 319, 321, 324-326, 331, 334-337, 366, 371, 372

- a distancia · 170, 171, 334
- local · 334, 337, 372

Síntesis

- aprehensivo-reproductiva · 260
- de agregación · 295
- de coalición · 295
- de la aprehensión · 258, 260, 280, 281
- de la reproducción · 260
- del reconocimiento · 258, 260
- empírica · 134, 260, 262, 280, 282, 291, 321, 353
- figurada · 7, 9, 254-256, 265, 266, 279, 283-285, 287, 307, 308
- física · 337
- intelectual · 266, 279, 280, 283
- metafísica · 338
- originaria · 267
- pre-categorial · 110, 121, 122
- sucesiva · 129, 204, 303, 306, 308, 315
- transfigurada · 7, 9, 255, 376
- trascendental · 7, 265, 266, 267, 280, 283

Sistema

- Aristotélico-ptolemaico · 28, 38, 39
- de coordenadas · véase "Coordenadas"
- de la naturaleza · 125, 320
- planetario · 40, 89
- ticónico · 15

Sol · 39, 95, 98, 100, 189, 195

Subjetividad · 22, 26, 75, 263, 272, 334

Sucesión · 8, 44, 78, 135, 138, 139, 236, 249, 259, 260, 285, 301, 315, 316, 319, 321, 324-326, 328, 329, 331, 332, 334, 335, 366, 372, 376

Suceso · 170, 175, 176

Sujeto trascendental · 83

Superposición de velocidades · 169

Suprasensible · 58, 79, 80, 81, 274, 276, 288

Sustancia · 16, 30, 32, 34, 35, 37, 42-44, 46, 48, 57-59, 61, 67, 70, 73, 74, 81, 83, 88, 105, 109, 110, 132, 134-141, 146, 150, 152, 155-157, 165, 168, 255, 263, 285, 289, 313,

319, 320, 324-331, 333-335, 343, 351, 361, 370, 373
 - material · 105, 138, 140, 152

T

Tempo-espacial · 244, 376

Teorema

- de Gödel · 224
- de Pitágoras · 175, 187

Teoría

- del alma · 86, 145, 147
- de la antiperístasis · 139
- de los cuerpos · 86, 145, 147
- histórica de la naturaleza · 145
- del *impetus* · 139
- del objeto · 264
- racional de la naturaleza · 145
- de la relatividad · 2, 4-7, 10, 11, 50, 92, 137, 141, 157-160, 170-172, 178, 182-184, 186, 188, 192, 224, 226, 229, 241, 245, 308, 322, 334, 335, 337, 343, 355-357, 359-371, 373, 375, 377, 378
- de los vórtices · 101

Tetradimensional · 174, 177, 186-188, 229, 308

Theologia naturalis · 54

Tiempo · 2, 6-10, 18, 20, 22, 23, 31, 33, 34, 40, 41, 44, 49, 59, 63-68, 70, 72-79, 82, 83, 87, 88, 91, 93, 99-102, 104, 109, 112, 114, 119, 120, 122, 123, 126, 128, 129, 131-133, 135-139, 141, 148, 149, 151, 154, 155, 159-163, 165, 170, 172-177, 183, 184, 190-196, 200, 209, 213, 218, 226, 228, 229, 231, 233, 234, 236-247, 249-260, 263, 266-269, 274-276, 278-287, 289, 291, 292, 294, 295, 297-299, 301-309, 311-317, 319-326, 328, 329, 331-338, 340, 342, 343, 347, 348, 352, 355, 357-361, 366, 368-373, 376
 - orden del · 139, 295, 324, 332, 333
 - curso del · 332, 333

Tierra · 89, 92, 95, 100, 107, 161-167, 178-180, 189, 190, 192-194

Topología · 186, 187

Totum · 301, 302

Tractriz · 221

Transfigural · 7

Trascendental · 2, 3, 5-8, 10, 25-28, 33, 51, 63, 67, 74, 76, 77, 79, 82-84, 110, 112, 114, 120-122, 124-126, 144, 146, 148, 149, 155, 201, 208, 209, 228, 230, 234, 235, 237, 239, 240, 242, 245, 246, 248, 250-253, 256, 257, 259, 261-268, 272, 279-281, 283, 284, 288, 291-294, 296, 297, 301, 305, 308, 309, 311, 312, 314, 315, 319, 320, 322, 324, 332, 333, 337, 338, 340, 342, 345, 352, 353, 358, 360, 363, 375, 377, 378

Trascendente · 23, 24, 112

Tridimensional · 12, 36, 60, 90, 105, 177, 188, 214, 213, 216, 218

Triple síntesis · 84, 257, 259, 264, 282

Trombónica · 219

U

Unidad

- cualitativa · 267, 268
- de la apercepción · 82, 85, 135, 263, 269, 271, 276, 280, 320-322
- sintética · 127, 253, 261, 266-269, 273, 278, 281-283, 290, 299, 300, 307, 320, 322, 340, 352
- trascendental · 83, 267, 268, 272, 320

Universo · 6, 14, 15, 30, 32, 38-41, 91, 94, 107, 109, 141, 152, 167, 169, 175, 178, 186-188, 196, 197, 223, 357, 365, 367-369, 371, 375

- abierto · 197

- cerrado · 197

- colapsado · 197

- einsteiniano · 223, 371

- en expansión · 198

- oscilante o pulsante · 198

- plano · 197

- relativista · 159, 195, 196, 223, 369

Urano · 101

V

Velocidad de la luz · 169, 170, 173-176, 182, 184, 190, 191, 193, 194, 308, 335-337, 362, 365, 369-371

Venus · 189

Vis

- *impresa* · 97, 106

- *insita* · 96, 106

Volumen · 47, 48, 90, 102, 103, 130, 136, 137, 151, 152, 345, 371

W

wolffiana · 30, 51, 112, 344

Y

Yo · 3, 4, 41, 49, 53, 74, 86, 96, 135, 147, 158, 233, 253, 261, 266, 268, 272, 279, 290, 291, 301, 329, 332, 341, 345

- pienso · 253, 268, 272, 291

