



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

POSGRADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA
CAMPO DE CONOCIMIENTO: FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

“KANT Y LA RELATIVIDAD. HACIA UN PLURALISMO
ONTOLÓGICO DEL ESPACIO Y EL TIEMPO”

T E S I S

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

DOCTOR EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

P R E S E N T A :
JOSÉ GILBERTO CASTREJÓN MENDOZA

TUTORES:

DRA. ANA ROSA PÉREZ RANSANZ, IIF-UNAM
DR. SAHEN HACYAN SALERYAN, IF-UNAM

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

DR. ELÍAS OKÓN GURBICH, IIF-UNAM
DRA. OLIMPIA LOMBARDI, CONICET-UBA
DR. EFRAÍN LÁZOS OCHOA, IIF-UNAM

CD. DE MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatorias y agradecimientos

A la memoria de mi madre María Esther†.

A mi padre Pablo Nemesio.

A mi hermano y hermanas: José Luis, Griselda, Leticia, Rocío, Nayeli y Paola.

A la memoria de mi hermano Pablo†.

A Iliana, luz, maga y compañera de naufragio.

Gracias a la Dra. Ana Rosa Pérez Ransanz por creer en este proyecto; por todo su apoyo incondicional; y por estar siempre ahí, compartiendo su conocimiento y su extraordinaria calidad humana.

Gracias al Dr. Sahen Hacyan por aceptarme como su estudiante; por iluminarme el camino donde convergen Kant y la relatividad; y por siempre darme más y más física; quien también naufraga en el sinuoso y estimulante universo de las letras.

Gracias al Dr. Elías Okón por enseñarme el camino de la filosofía de la física; por cada uno de los seminarios y las fructíferas discusiones; y por todo el conocimiento que siempre está dispuesto a compartir.

Gracias a la Dra. Olimpia Lombardi por todo su apoyo profesional y humano durante mi estancia en Buenos Aires; por los seminarios y la “Conference of Quantum Foundations”; y sobre todo, por enseñarme vías distintas a la investigación.

A todos ellos también dedico esta tesis. Con admiración y amistad.

Gracias al Instituto Politécnico Nacional y al CONACYT por proporcionarme los recursos para llevar a cabo el presente trabajo de tesis.

Gracias al IIF y al Posgrado en Filosofía de la Ciencia por todo su apoyo, en especial al Dr. Francisco, Marisela y Elizabeth.

<<El tiempo no puede ser intuido exteriormente,
así como tampoco el espacio [puede ser intuido]
como algo en nosotros. Ahora bien,
¿qué son el espacio y el tiempo?
¿Son entes efectivamente reales?
¿Son solo indeterminaciones o relaciones
de las cosas, pero tales, que les corresponderían
a éstas también en sí mismas, aunque no fueran intuidas?
¿O son [determinaciones o relaciones] tales,
que sólo son inherentes a la mera forma de la intuición,
y por tanto, a la constitución subjetiva
de nuestra mente, [constitución] sin la cual estos predicados
no podrían ser atribuidos a cosa alguna?>>

Immanuel Kant
KrV, <A23>[B37]

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN: La relatividad y el idealismo trascendental de Kant. Sobre la idea de un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo.	8
--	---

Capítulo I: Espacio y tiempo en los trabajos precríticos.

I.1 Introducción.	19
I.1.1 Antecedentes.	19
I.2 <i>El ensayo sobre las regiones del espacio.</i>	21
I.3 La <i>Dissertatio</i> de 1770.	29
I.4 Recapitulación.	41

Capítulo II: Espacio y tiempo en la Estética Trascendental.

II.1 Introducción.	42
II.1.1 Conceptos fundamentales.	44
II.2 La Exposición Metafísica. Forma y contenido de la representación del espacio (Sección primera de la estética trascendental. <i>Del espacio</i>)	49
II.3 La exposición trascendental del espacio. La geometría como ejemplo de una ciencia que establece una representación estructurada del espacio.	59
II.4 Kant y la matemática. Lo sintético <i>a priori</i> y la experiencia.	67
II.4.1 Intuición pura e intuición empírica.	68
II.4.2 Lo sintético <i>a priori</i> .	76
II.5 La Exposición Metafísica y la Exposición Trascendental del tiempo.	79
II.5.1 Exposición Metafísica del tiempo.	80
II.5.2 Exposición Trascendental del tiempo.	87
II.6 Recapitulación.	90

Capítulo III: Objeto y experiencia en la Deducción Metafísica y la Deducción Trascendental. Sobre la idea de una “Ontología de la experiencia”.

III.1 Introducción.	95
III.2 Unidad de las representaciones. La Deducción Metafísica.	97

III.2.1 La analítica de los conceptos.	98
III.3 Naturaleza de la objetividad. La Deducción Trascendental.	108
III.3.1 La Deducción (1781).	110
III.3.2 La Deducción (1787).	115
III.4 Esquematismo, Principios del Entendimiento Puro y Analogías de la Experiencia.	127
III.4.1 El Esquematismo.	128
III.4.2 Sistema de todos los principios del entendimiento puro. Secciones primera y segunda.	131
III.4.3 Sistema de todos los principios del entendimiento puro. Sección tercera. Las analogías de la experiencia.	134
III.5 Sobre la idea de una “ontología de la experiencia”.	155
III.5.1 Kant y la constitución de objetos de experiencia.	158
III.5.2 La constitución de objetos de experiencia en relatividad general.	167
III.6 Recapitulación.	180

Capítulo IV: La idealidad del espacio y el tiempo y las ciencias. Matemáticas y física.

IV.1 Introducción.	184
IV.2 Geometría y experiencia.	185
IV.2.1 Helmholtz y el principio de movilidad de los cuerpos.	186
IV.2.1 Poincaré y el convencionalismo en geometría.	192
IV.2.3 Cassirer y la función del <i>a priori</i> .	201
IV.3 Relativización del <i>a priori</i> .	207
IV.3.1 Schlick y la negación de lo sintético <i>a priori</i> .	209
IV.3.2 Carnap y la “geometría física”.	220
IV.3.3 Reichenbach, lo <i>a priori</i> como constitutivo de la experiencia.	231
IV.4 Recapitulación.	240

Capítulo V: Kant y el realismo sobre el espaciotiempo. Bases para un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo.

V.1 Introducción.	245
V.2 Conceptos básicos de la Teoría de la Relatividad General (TRG).	246

V.3 Consecuencias filosóficas de la TRG. ¿Son el espacio y el tiempo entes del mundo? Kant y la respuesta de la relatividad general.	254
V.3.1 El problema del tiempo en la TRG.	258
V.3.2 ¿Es geométrica la naturaleza del espaciotiempo?	272
V.3.3 El “Argumento del agujero”.	283
V.4 El realismo sobre el espaciotiempo. El debate substancialistas vs relacionistas.	286
V.5 Bases para un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo.	294
V.5.1 Pluralismo ontológico. El caso de las teorías de espacio y tiempo.	295
V.5.2 Ontología y evidencia empírica. ¿Existe un pluralismo ontológico en la TRG?	301
V.6 Recapitulación.	305
Conclusiones.	307
Apéndice A: La idealidad del espacio en Kant y las geometrías no euclidianas.	318
Apéndice B: Comentarios a algunas interpretaciones de la Deducción Metafísica y la Deducción Trascendental.	335
Apéndice C: Espacio y tiempo como <i>objetos</i> de experiencia. El carácter trascendental de la relatividad.	342
Bibliografía General.	353

INTRODUCCIÓN.

La relatividad y la filosofía trascendental de Kant. Sobre la idea de un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo.

La presente investigación trata sobre el problema de la naturaleza del espacio y el tiempo, en la filosofía de Kant y en la teoría de la relatividad. Un problema que ha sido fundamental en el ámbito de la filosofía, y en el que, quizá, todavía no se ha puesto punto final, a pesar de todo lo que la teoría de la relatividad pueda decir al respecto. En este sentido, el hilo conductor de la tesis tiene que ver con mostrar la vigencia de la filosofía kantiana, frente a diversas interpretaciones y críticas que han atendido el problema señalado, a la vez de las consecuencias filosóficas que la teoría de la relatividad trae a colación.

En relación con lo anterior, cabe señalar que en los tiempos de Kant¹ existían dos concepciones: (1) la newtoniana, que concebía al espacio y al tiempo como sustancias; y (2) la leibniziana, tal que espacio y tiempo correspondían a relaciones entre sustancias. De aquí que parte de los intereses de la *Crítica de la Razón Pura* (*KrV*), estuvieron encaminados a dar una respuesta a dichas concepciones; así, Kant entraría en el debate configurando su propia concepción, en donde, para el pensador de Königsberg, espacio y tiempo corresponden a intuiciones puras *a priori*; esto es, no son sustancias ni relaciones entre sustancias, lo que en términos kantianos se entiende por “la idealidad del espacio y el tiempo”. Asimismo, en el ámbito de la filosofía de la ciencia, específicamente en el contexto de la mejor teoría de espacio y tiempo, la teoría de la relatividad general (TRG), todas las temáticas relacionadas con el problema de la naturaleza del espacio y el tiempo giran en torno de la naturaleza de la entidad espaciotiempo, a la vez de que adquiere vigencia el debate entre substancialistas y relacionistas, con respecto al carácter ontológico de dicha entidad. De todo esto, generalmente se cree que la concepción kantiana ha perdido vigencia, gracias a lo que la TRG puede decirnos sobre la naturaleza del espacio y el tiempo.

¹ Los detalles sobre el debate entre Leibniz y Newton acerca de la naturaleza del espacio y el tiempo se tratan en la famosa polémica “Leibniz-Clarke”, ver Alexander (1984).

De esta forma, llevamos a cabo un enfoque alternativo de Kant (capítulos I, II y III), basándonos en ciertas lecturas contemporáneas que han atendido la problemática señalada; a la vez de que configuramos una respuesta a las diversas críticas a su filosofía (capítulo IV); aunado a un tratamiento de las consecuencias filosóficas de la teoría de la relatividad, lo que finalmente nos condujo a tratar el problema del realismo sobre el espaciotiempo, que para nuestros intereses, fundamenta lo que aquí hemos llamado, un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo (capítulo V).

Así, resulta interesante señalar que con la llegada de las geometrías no euclidianas en el siglo XIX, autores como Hermann von Helmholtz, por ejemplo, trataron de “comprobar experimentalmente” la veracidad de la intuición pura kantiana, en términos de si podría hablarse de una necesidad de la geometría euclidiana, al aplicarse al análisis del espacio físico. Su estrategia consistió en verificar a su vez si las geometrías no euclidianas podrían ser representadas; la conclusión de este autor fue negar el carácter necesario de la intuición pura en el sentido de Kant, a la vez de afirmar que efectivamente las geometrías no euclidianas sí pueden ser representadas, con lo que éstas podrían considerarse empíricamente; sin embargo, en nuestro análisis (ver capítulo IV), mostramos que uno de los problemas con los trabajos del autor, está relacionado con la manera en cómo entendió a Kant. Asimismo, en los albores del siglo XX, y propiamente con la llegada de la teoría de la relatividad, algunos autores, centrados en los linderos de la filosofía de la ciencia², dígase los llamados positivistas lógicos, declararon la insostenibilidad de las ideas de Kant sobre el espacio y el tiempo, además de lo poco fértil de su epistemología en relación con las teorías de la física moderna³ (dígase relatividad y mecánica cuántica). En atención a lo anterior, como ya se mencionó: este trabajo de tesis tiene la convicción de que la epistemología kantiana, y su concepción sobre espacio y tiempo, poseen cierta vigencia frente a los desarrollos en matemáticas

² Ver Schlick (1923), Carnap (1922, 1967), Reichenbach (1920, 1958).

³ El problema se refiere principalmente tanto a su concepción sobre el espacio y el tiempo, como a la naturaleza de una teoría como la mecánica cuántica, cuyo carácter no determinista viola principios como el de la permanencia de la substancia y el de causalidad (ver capítulo III), fundamentales en la epistemología kantiana para constituir objetos de experiencia. Para un tratamiento contemporáneo sobre este problema puede verse Bitbol *et. al* (2009).

(geometrías no euclidianas) y física, propiamente en esta última ciencia para el caso de la teoría de la relatividad. Por tanto, nuestro objetivo principal es mostrar dicha vigencia, considerando como problema fundamental el de la naturaleza del espacio y el tiempo.

En la presente investigación tratamos de responder a la pregunta: ¿Kant y su concepción sobre espacio y tiempo, aunado a parte de su epistemología, siguen vigentes con la llegada de la relatividad? La respuesta que damos es afirmativa, lo que finalmente nos condujo a plantear la pregunta: ¿el espacio y el tiempo son entes del mundo?, y de aquí, entrar en el terreno de lo que llamamos un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo; esto es, la postura realista de que en el ámbito de las teorías de espacio y tiempo, una visión pluralista ofrece la mejor aproximación al hecho de ser realistas con respecto al espacio y el tiempo. Pretendemos, precisamente, dar las bases de tal pluralismo ontológico, el cual posee raigambre kantiana (capítulo V).

La epistemología kantiana, y su supuesta refutación con la llegada de las geometrías no euclidianas y la teoría de la relatividad, tiene una singular historia, relacionada con varios aspectos fundamentales de la filosofía trascendental, contenidos tanto en sus trabajos precríticos: *Pensamientos sobre la verdadera estimación de las fuerzas vivas* (1747), *Monadología Physica* (1756), *Ensayo sobre las regiones del espacio* (1768), *Dissertatio* (1770); así como en la *KrV*, los *Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza (MAN)* y los *Prolegómenos*; y a su vez, dicha historia está vinculada con la recepción que algunos filósofos del siglo XIX llevaron a cabo de la filosofía de Kant frente a las geometrías no euclidianas y los avances de la lógica, complementada con los trabajos de los positivistas lógicos sobre los aspectos filosóficos de la relatividad.

En atención a lo anterior, la investigación hubo de enfrentar diversas problemáticas, a saber:

- El problema de la interpretación de algunas obras de Kant que tratan sobre el tema señalado, en cuanto a cómo ciertos autores entendieron al filósofo de

Königsberg, a la vez de que dejaron de lado partes importantes de sus trabajos precríticos.

- El acuñar un enfoque alternativo sobre aspectos fundamentales de la filosofía de Kant, propiamente en la *KrV*: el concepto de intuición; la idealidad del espacio y el tiempo; la teoría de la constitución de objetos de experiencia; el concepto de lo sintético *a priori*, etc.
- Dicho enfoque permitió a su vez identificar la distinción entre espacio como “orden de presentación” (intuición pura *a priori*); espacio representativo y espacio físico. Fundamental para entender la concepción de Kant sobre la naturaleza del espacio frente al carácter de la geometría.
- El configurar la teoría de la constitución de los objetos de experiencia en clave kantiana, y la *función* del espacio y el tiempo en la manera en cómo, en las teorías de la física, se constituyen los objetos de experiencia.
- El carácter de las geometrías no euclidianas, y su relación con el espacio físico.
- La recepción de la filosofía de la relatividad, en cuanto a las consecuencias filosóficas que dicha teoría trae a colación con respecto al problema de la naturaleza del espacio y el tiempo.
- El problema del realismo sobre el espaciotiempo, que retoma el debate entre substancialistas y relacionistas.

Cabe señalar que un aspecto importante de nuestra investigación, consistió en identificar cómo muchos de los intérpretes y críticos de la teoría de la idealidad del espacio y el tiempo, han dejado de lado ciertos aspectos de la obra precrítica, a la vez de algunos puntos fundamentales de la Estética Trascendental. Pues precisamente, como mostramos para el caso de los trabajos precríticos: en dichas obras puede identificarse tanto la evolución de las ideas de Kant en cuanto a espacio y tiempo, como algunos aspectos importantes para entender su teoría de la idealidad, posteriormente presentes en su periodo crítico, y tal que permite identificar, por ejemplo, que Kant no sólo tenía en mente a la geometría euclidianas. Idea esta última que, en el desarrollo de los capítulos, estuvo presente de manera importante.

Así, la estructura de la tesis comprende 5 capítulos, cada uno enfocado a tratar una problemática específica:

1. En el capítulo I llevamos a cabo una lectura de dos de sus obras precríticas más importantes: *Ensayo sobre las regiones del espacio* y la *Dissertatio*.

En la primera obra, Kant abandona el enfoque leibniziano sobre la naturaleza del espacio (como lo llevó a cabo en sus obras de 1747 y 1756), y se adhiere a una concepción newtoniana, sólo que a diferencia de Newton, no concibe al espacio como absoluto, sino como un *dato* fundamental de la mente. De ahí los primeros indicios de la idealidad del espacio. Además, en esta obra, Kant estaba más interesado en indagar sobre el espacio como condición de posibilidad del conocimiento, y no sobre la existencia de un espacio absoluto y externo, esto es, no estaba interesado en concebir al espacio como entidad física. Por ejemplo, en la obra mencionada, uno de sus principales argumentos fue el de las contrapartes incongruentes, el cual le permitió a Kant refutar la teoría relacionista de Leibniz. En este último sentido, pudimos señalar, en primera instancia, la separación entre el espacio como condición de posibilidad de conocimiento, y el espacio que permite llevar a cabo una representación estructurada (geométrica) del espacio físico, este último considerado como <<algo externo>>, pero sólo en el contexto de una teoría física. Así, desde esta obra se llega a identificar que para Kant, la geometría funge como *enlace* entre el espacio como intuición pura y el espacio físico, por tanto, tal espacio geométrico estaría en el nivel de una representación estructurada del espacio físico.

La *Dissertatio* de 1770 resulta ser el preámbulo del periodo crítico, puesto que muchas de las ideas contenidas en la *KrV* ya están enunciadas en esta obra. Uno de los puntos importantes del tratamiento de Kant estriba en el hecho de que ya configura una concepción propia de la naturaleza del espacio y el tiempo. Y aunque si bien, todavía no está presente su idea de concebir al espacio y al tiempo como intuiciones puras *a priori*, sí entra directamente al debate sobre la naturaleza de éstos, ya que presenta su propia concepción del espacio y el tiempo como algo subjetivo e ideal, es decir: éstos no son algo objetivo y real. Más aún: no son

substancias ni relaciones entre substancias. En atención a lo anterior, pudimos identificar, de nuevo, la distinción entre, por ejemplo, el espacio como intuición (condición de posibilidad); el espacio representativo, el que permite llevar a cabo una representación estructurada; y el espacio físico. Otro punto importante de dicha obra es la distinción entre “mundo sensible” y “mundo inteligible”, preámbulo fundamental de la *KrV*. Finalmente, identificamos cómo Kant continúa desarrollando sus reflexiones en torno a la diferencia entre física, matemáticas y metafísica, por algo también: la distinción entre el espacio y el tiempo como órdenes que posibilitan un conocimiento (intuiciones); y espacio y tiempo como órdenes estructurados, a nivel representativo (vinculados a la matemática: geometría y aritmética, respectivamente); y el espacio y el tiempo como algo en sí (físicos).

2. En el capítulo II llevamos a cabo una lectura de la Estética Trascendental. Nos enfocamos primero en aclarar algunos conceptos básicos, como el de intuición (*Anschauung*). Identificamos que pueden considerarse varios sentidos de intuición, mostrando que toda intuición pura, en el sentido de Kant, está libre de contenido conceptual, por tanto, es indeterminada; a la vez de que una “intuición empírica” se encuentra en el nivel de las sensaciones; y una “intuición pura determinada” tiene que ver con una representación estructurada, como por ejemplo, la representación del espacio dada por la geometría.

Una vez aclarados los conceptos, llevamos a cabo una lectura de la Exposición Metafísica del espacio, y tal que, consideramos, contiene los puntos fundamentales de la teoría de la idealidad del espacio. En esta parte seguimos la interpretación de Efraín Lazos (2014), que muestra que el argumento sobre la naturaleza del espacio posee la estructura de una *reductio*⁴, y permite entender al espacio como “orden de presentación”⁵. Asimismo, mostramos que en la Exposición Trascendental, Kant presenta a la geometría como un ejemplo de una ciencia que establece una representación estructurada del espacio, de aquí que permite ubicar

⁴ Un dilema destructivo, ver sección II.2.

⁵ “En el orden presentacional..., el observador (el encargado de la tarea de detectar relaciones) es parte del orden mismo. Kant ofrece dos ejemplos destacados de orden presentacional: el espacio y el tiempo.” (Lazos 2014, p. 87)

objetos en el espacio (físico). El punto es que Kant no está postulando una naturaleza del espacio físico. Ya entrados en esta parte medular de la *KrV*, quedó establecida la distinción entre espacio como “orden de presentación”; espacio representativo; y el espacio como ente físico. Como punto importante revisamos también la filosofía de la matemática de Kant (sección II.3), a la vez de su concepto de lo sintético *a priori*. El punto fundamental de esta parte, consistió en mostrar que la idea kantiana de construcción de una demostración en geometría, por ejemplo, estaba asociada a la forma en que en tiempos de Kant se llevaban a cabo las demostraciones, de manera que habría que distinguir dos formas: (1) la apelación a un dibujo, a un diagrama; y (2) la construcción de una razonamiento atendiendo a una estructura meramente lógica. En esta parte seguimos primordialmente la lectura de Lisa Shabel (2003, 2010). De esto último pudo identificarse a su vez, que la intuición pura es la que acompaña a toda demostración, pues puede entenderse como una “representación singular de algo universal”, a la vez de que la geometría euclidiana constituye “la condición de posibilidad de las geometrías no euclidianas”.

Posteriormente, bajo la misma estrategia llevada a cabo para el caso del espacio, concluimos el capítulo haciendo una lectura sobre la Exposición Metafísica y la Exposición Trascendental del tiempo, concluyendo, entre otras cosas, que para Kant, el tiempo es un “orden de presentación”, a su vez, no objetivo y no substancial, es decir, no es “un ente del mundo”.

3. En el capítulo III, llevamos a cabo, primeramente, una lectura de algunas partes de la Lógica Trascendental, con el objetivo de configurar lo que aquí llamamos la “teoría de la constitución de los objetos de experiencia en clave kantiana”. De lo anterior, analizamos la Deducción Metafísica y la Deducción Trascendental, identificando lo que Kant entiende por objeto y experiencia, y el papel que tienen el espacio y el tiempo en la constitución de objetos de experiencia. Esto último fue complementado con una lectura de las “Analogías de la Experiencia” y los *Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza (MAN)*. Todo lo anterior permitió acuñar el concepto de “ontología de la experiencia”, es decir, la manera en que, en clave kantiana, se constituyen los objetos en física. Esto es, una “ontología de la experiencia” tiene que

ver con criterios específicos de objetividad, e involucra: elementos teóricos (*frameworks*); elementos epistemológicos (condiciones *a priori*) y; elementos materiales (instrumentos de medida); y a su vez, configura una nueva concepción sobre la relación entre nuestras representaciones y la realidad, en el ámbito de las teorías científicas. Finalmente, mostramos que puede fundamentarse una “ontología de la experiencia” tanto en física newtoniana como en relatividad general. Para ello analizamos dos casos específicos: (1) la constitución de los objetos de experiencia en la física newtoniana y; (2) la constitución de los objetos de experiencia en relatividad general, en relación con los test clásicos de esta teoría (el corrimiento del perihelio de Mercurio, por ejemplo). Todo esto nos condujo a concluir que el espacio y el tiempo son elementos propios de una “ontología de la experiencia”, y su carácter estructural es dictado por el marco epistémico de la teoría que se desea verificar, y permite a su vez constituir la ontología de dicha teoría. En este último sentido, trazamos el primer indicio de lo que, en el capítulo V, se entiende por pluralismo ontológico del espacio y el tiempo. Parte de las motivaciones de esta última parte del capítulo giraron en torno de la cuestión: ¿qué son el espacio y el tiempo como *objetos* de experiencia? Dado que la teoría de la relatividad general es considerada como la teoría que da cuenta de la estructura del espacio y el tiempo, definidos en términos de la entidad espaciotiempo, y en este sentido, curiosamente no son tratados como cualquier otro objeto físico, en la manera de constituirlos empíricamente como *objetos de medida*.

4. El capítulo IV constituye una respuesta a los tratamientos que algunos autores llevaron a cabo de la epistemología kantiana, frente a los avances de las matemáticas, la lógica y la física, durante el siglo XIX y principios del XX. Inicialmente, revisamos las ideas de Hemholtz y Poincaré sobre el carácter de las geometrías no euclidianas y la lectura de estos autores sobre Kant, en relación con el espacio, a la vez de cómo entendieron su filosofía de la geometría y la idea de lo sintético *a priori*. Con lo anterior pudo identificarse que el principal inconveniente con el análisis de dichos autores, tiene que ver con que para éstos: Kant estaba postulando que la estructura del espacio físico es euclidiana, entre otros aspectos.

Asimismo, hicimos una lectura de la obra de ciertos autores que evaluaron la epistemología kantiana frente a la teoría de la relatividad. A este tenor, un autor que intentó “salvar” a Kant fue Ernst Cassirer, cuya obra: *Einstein’s Theory of Relativity Considered from the Epistemological Stanpoint*, constituye una clara interpretación kantiana de la teoría de la relatividad, y en la que cabe señalar que Cassirer entendió al espacio y al tiempo como “funciones” de objetivación.

Analizamos a su vez, parte de la obra de tres autores, ya ubicados en el terreno propio de la filosofía de la ciencia, y pertenecientes a la escuela filosófica denominada positivismo lógico, que en ciertos aspectos creyó ver en la teoría de la relatividad una refutación de Kant. Los autores tratados fueron tres importantes neokantianos de formación científica: Moritz Schlick, Rudolf Carnap y Hans Reichenbach. La estrategia de esta parte del capítulo consistió en llevar a cabo una lectura de los puntos más importantes de algunas obras de estos autores, y contrastarlos con la interpretación de Kant que realizamos en los capítulos anteriores. Consideramos que la crítica de éstos a Kant, en ciertos aspectos, es fallida, y estuvo principalmente basada en dos puntos controversiales:

- El cómo entendieron al filósofo de Königsberg, lo cual no está libre de controversias, y que nuestra lectura de Kant trata de saldar.
- Lo que para éstos significaban las consecuencias filosóficas que la teoría de la relatividad trae a colación.

Finalmente, concluimos que algunas de estas reflexiones y/o críticas no se sostienen, y otras aportan elementos relacionados con el objetivo de la presente investigación, como es el caso de ciertas ideas de Reichenbach, principalmente su concepción de lo *a priori* constitutivo de la experiencia. El tratamiento del capítulo fue llevado a cabo, a su vez, tomando como referencia diversas interpretaciones contemporáneas que han atendido a la relación entre Kant y la relatividad⁶.

⁶ De tales interpretaciones incluimos la de Michael Friedman (1983), entre otras.

5. El capítulo V se enfoca en tratar el problema de si el espacio y el tiempo son entes del mundo, en el contexto de la teoría de la relatividad general (TRG). Por algo cabe aquí el tema del realismo, que al final de dicho capítulo es considerado en términos de un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo. En principio, a la luz de lo que llamamos “el problema ontológico sobre el espacio y el tiempo”⁷, esto es, la pregunta de si el espacio y el tiempo son entes del mundo, contrastamos la respuesta kantiana al problema ontológico mencionado con las consecuencias filosóficas que la teoría de la relatividad general trae a colación con respecto a la entidad espaciotiempo. Así, el hilo conductor del capítulo gira en torno de la cuestión: ¿con la teoría de la relatividad general, puede considerarse que el espacio y el tiempo son entes del mundo? Dado el tratamiento del capítulo, la respuesta a esta pregunta resulta negativa, puesto que el estado del arte sobre tal problema ontológico, en el marco de la TRG, no ofrece razones suficientes para responder afirmativamente a dicha cuestión. De ahí que la última sección se enfoque en tratar el problema del realismo sobre el espacio y el tiempo, y nos lleve a configurar lo que llamamos, un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo (sección V.6).

La tesis constituye, primeramente, una aportación al debate sobre ciertos aspectos controversiales de la epistemología kantiana, a saber: el concepto de intuición, las nociones de espacio y tiempo, y la teoría de la constitución de los objetos de experiencia; por lo que, en clave kantiana, y en relación con las teorías de la física, la principal aportación, relacionada con los aspectos mencionados, constituye lo que aquí denominamos una “ontología de la experiencia”, y tal que llega a ser extensiva al caso de la relatividad general, lo que corresponde a una nueva concepción sobre la relación entre individuo y mundo, en el ámbito de las teorías científicas.

Asimismo, la investigación nos permitió identificar la importancia de la filosofía trascendental en el contexto de la filosofía de la ciencia actual, aspecto ya planteado en varias obras recientes⁸; y sobre todo, mostrar la vigencia de las concepciones de Kant sobre espacio y tiempo, frente a la teoría de la relatividad. En este último

⁷ Este problema es perfilado a lo largo de los anteriores capítulos.

⁸ Con respecto a este aspecto de la filosofía kantiana puede verse: Friedman (1992), Hacyan (2004, 2006, 2008), Massimi *et. al* (2008), Bitbol *et. al* (2009), Teruel *et. al* (2011), Lombardi y Pérez-Ransanz (2012).

sentido, otra de las aportaciones de la tesis tiene que ver con el tema del realismo científico, para lo cual dimos las bases de lo que llamamos “un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo”. Esto es, una postura realista pero pluralista sobre las teorías del espacio y el tiempo, cuyo raigambre es kantiano.

Capítulo I: Espacio y Tiempo en los trabajos precríticos.

Con esta investigación se hallará que hay, como principios del conocimiento *a priori*, dos formas puras de la intuición sensible, a saber, espacio y tiempo.

<A22>[B36]

I.1 Introducción.

En este capítulo, a partir de una lectura de algunos de los trabajos precríticos de Kant, a saber: *Ensayo sobre las regiones del espacio y la Dissertatio de 1770*, mostramos que resulta relevante, para la teoría de la idealidad del espacio y el tiempo, configurada en la *KrV*, atender a ciertas partes importantes de su obra precrítica; en atención a que desde dichas obras puede identificarse que Kant distingue entre espacio como “condición de conocimiento”, espacio representativo y espacio físico.

Asimismo, la lectura ha de llevarnos por la manera en que Kant fue desarrollando sus ideas sobre espacio y tiempo, en relación con las posturas de Leibniz y Newton; lo que precisamente condujo al autor por el camino de la idealidad del espacio y el tiempo, es decir, que éstos no son substancias ni relaciones entre substancias.

I.1.1 Antecedentes.

En una obra temprana de 1747: *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte* (*Pensamientos sobre la verdadera estimación de las fuerzas vivas*), Kant plantea la posibilidad de que puedan existir espacios con más de tres dimensiones (§ 10)⁹:

⁹ Con respecto a esta obra, nos remitimos a la traducción de Juan Arana Cañedo-Argüelles: Immanuel Kant, *Pensamientos Sobre la Verdadera Estimación de las Fuerzas Vivas*, Editorial Peter Lang, Berna, 1988.

Como la forma de la ley con arreglo a la cual interactúan las sustancias ha de determinar asimismo el modo de asociación y composición de muchas de ellas, *la ley con arreglo a la cual se mide todo un conjunto de sustancias (esto es, un espacio)* — el énfasis es nuestro—, *o las dimensiones de la extensión, provendrán de las leyes con que tratan de agruparse las sustancias*, en virtud de sus **fuerzas esenciales**...

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 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. (§ 10, **24**, 12-33)

En esta obra, Kant afirma que existen, o pueden existir, espacios de más de tres dimensiones, cuyo fundamento, todavía es desconocido (Marcucci (2004)). Con lo que sólo pretendemos señalar aquí que, a diferencia de un número considerable de intérpretes¹⁰, Kant no sólo tuvo en mente a la geometría euclidiana, y su singular métrica y carácter tridimensional.

Si bien es cierto, en la obra mencionada Kant es meramente Leibniziano, dado que considera que las cosas, los objetos, preceden al espacio, dicha postura la habría de abandonar posteriormente, en pos de mostrar ciertos inconvenientes de la teoría relacional del espacio de Leibniz.

Finalmente, pueden considerarse dos puntos importantes tratados por Kant en esta obra, los cuales poseen cierta vigencia:

¹⁰ Varias, y muy sustanciosas son las críticas hechas a Kant de esta vía de su obra, sobre todo por la supuesta dependencia de la idealidad del espacio con respecto a la geometría, y a su vez, lo que explícitamente menciona en la *Estética Trascendental*, específicamente en la *Exposición Trascendental del Concepto de Espacio*: “Pues las proposiciones geométricas son todas apodícticas, es decir, están enlazadas con la conciencia de su necesidad, *p. ej. el espacio tiene sólo tres dimensiones* —el énfasis es mío—; pero tales proposiciones no pueden ser juicios empíricos o juicios de experiencia, ni pueden ser deducidas de éstos.” [B41]; la vía a la que nos referimos es la conexión de la teoría de la idealidad del espacio en Kant, con la naturaleza de la geometría euclidiana, desde sus primeros críticos como: F. H. Jacobi, K. L. Reinhold o S. Maimon, e incluso lo llevado a cabo por Norman Kemp Smith en su obra *A Commentary to Kant's Critique of Pure Reason*, a la vez de otros autores del siglo XX, tales como: J. Hintikka, H. J. Paton, P. F. Strawson, P. Guyer, etc., que han tratado, en algunos casos, dicha vía en conexión con las geometrías no euclidianas. Más adelante tendremos oportunidad de explorar esta problemática.

- La posibilidad de que puedan existir geometrías con más de tres dimensiones.
- El hecho de que conciba que la estructura del espacio dependerá de ciertas “fuerzas vivas” que poseen las sustancias.

En relación al segundo punto, la conclusión de Kant es que el espacio tiene tres dimensiones, debido a la naturaleza de la fuerza de acción a distancia, que depende de las masas de las sustancias, y es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa a dichas sustancias (Ley de la Gravitación Universal de Newton); es decir, las ideas de Kant tienen relación directa con las ciencias de su tiempo, aunque, ¿dependerán sus ideas de dichas ciencias? Además, en esta obra Kant consideró a su vez que el espacio tridimensional que percibimos, se debe a que nuestra mente capta las impresiones en atención a la misma ley del cuadrado inverso de la distancia, puesto que nosotros mismos estamos sometidos a dicha ley.

En términos generales, lo que Kant establece es su preocupación sobre el carácter metafísico del espacio, que sería un problema fundamental en los escritos que trataremos a continuación.

1.2 *El ensayo sobre las regiones del espacio* (1768).

I am seeking to determine philosophically
here is the ultimate ground of the possibility
of that of which *Leibniz* was intending
to determine the magnitudes mathematically.

Ak 2:377.

El Ensayo sobre las regiones del espacio (*Vom dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raume*) corresponde a un preámbulo del periodo crítico. En esta obra Kant da argumentos en contra de la teoría relacional del espacio de Leibniz. Corresponde a una reflexión sobre la fundamentación de la física y la

relación de ésta con la metafísica¹¹. En este último sentido, las diversas discrepancias entre la teoría de Leibniz y la de Newton —ésta geométrica, aquélla metafísica— giraban en torno a tres puntos fundamentales (Torretti (1967)):

(1) El problema sobre la divisibilidad de la materia, tal que para:

Metafísicos: La materia no es divisible al infinito.

Geómetras: La materia es infinitamente divisible.

(2) El problema de la existencia del vacío, donde:

Metafísicos: El vacío no existe.

Geómetras: El vacío resulta ser necesario para que los cuerpos puedan moverse.

(3) El problema de la fuerza de acción a distancia:

Metafísicos: La fuerza de acción a distancia (F) no existe.

Geómetras: La gravitación se debe a causas dinámicas, mediante la acción de fuerzas a distancia.

La apuesta de Kant es por los geómetras, dado que si se acepta la fuerza de acción a distancia, la infinita divisibilidad del espacio tiene sentido¹². Aunado a esto, Kant mantiene ciertos aspectos de la teoría relacional de Leibniz, tomando la idea de mónada para desarrollar la teoría de que debe renunciarse al concepto de un espacio vacío, y recurre a una vieja concepción contenida en su obra de 1747¹³, donde plantea que la estructura del espacio ha de derivarse de la acción de leyes tales que regulen las fuerzas en la materia, idea que mantiene las concepciones de

¹¹ Esta tesis resulta comúnmente aceptada por los intérpretes de Kant, de manera que en la obra que nos ocupa, sólo pueden identificarse algunos atisbos de su obra crítica, puesto que todavía Kant asume la postura de la existencia de un espacio absoluto, en contraposición a la doctrina relacionista de Leibniz.

¹² Esta problemática, y su solución, la trata Kant en su obra *Monadología Physica* de 1756, antecedente del *Ensayo...*

¹³ *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte*.

Leibniz sobre el espacio¹⁴. De aquí que en el *Ensayo...* Kant renuncia a la teoría relacional del espacio, y se adhiere, en cierto sentido, a las concepciones de Newton sobre el espacio absoluto:

Mi propuesta en este tratado es ver si, acaso en los juicios intuitivos acerca de la extensión, en tal caso similares a los que hay en la geometría, hay una clara prueba de que: *El espacio absoluto, independiente de la existencia de toda la materia y fundamento último de la posibilidad del carácter compuesto de la materia, tiene una realidad en sí misma*. Todos saben cómo ha sido el fracaso de los filósofos en sus esfuerzos para ubicar este punto de una vez y más allá de toda disputa, empleando los más abstractos juicios de la metafísica. (Ak 2:378)¹⁵

Al intentar resolver la problemática anterior, Kant se adhiere a la concepción de espacio absoluto de Newton, pero, en cierto sentido, sólo en términos metodológicos. Si bien, no niega la existencia de un espacio exterior, su concepción sobre el espacio no corresponde completamente a la concepción de Newton, por algo, al referirse a un tratado de Euler de 1748: *Proceedings of the Berlin Royal Academy of Sciences*, Kant afirma:

Solamente muestra las dificultades involucradas en dar un determinado significado a las leyes universales del movimiento, si uno opera con algún otro concepto de espacio, tales que éstas surgen cuando se va de la abstracción a la relación actual entre las cosas. Eso no es, como siempre, considerar que no surgen menos

¹⁴ De esta idea de Kant sobre cómo las fuerzas estructuran al espacio, le permite a Martin Schönfeld afirmar que: “Esta interacción de fuerzas y espacio es fundamental, y con esta revelación, Kant anticipa la relatividad general, la idea de que la masa estira al espacio-tiempo y que el espacio-tiempo sujeta la masa.” [Martin Schönfeld, “Kant’s Early Dynamics” en *A Companion to Kant*, editado por Graham Bird y Wiley Blackwell, U.K., 2010] En cierto sentido, en el contexto de la relatividad general, la afirmación de Schönfeld tiene sustento si se entiende al tensor métrico de las ecuaciones de Einstein como un campo, lo cual nos lleva directamente al debate entre substancialistas y relacionistas, en torno a la naturaleza del espaciotiempo. Lo anterior se verá con detalle en el capítulo V.

¹⁵ “My purpose in this treatise is to see whether there is not to be found in the intuitive judgements about extension, such as are to be found in geometry, clear proof that: *Absolute space, independently of the existence of all matter, has a reality of its own*. Everybody knows how unsuccessful the philosophers have been in their efforts to place this point once and for all beyond dispute, by employing the most abstract judgements of metaphysics.” La edición a la que haré mención corresponde a “Concerning the ultimate ground of the differentiation of directions in space” (*Von dem ersten Grunde des Unterschiedes der Gegenden im Raume*) en *Theoretical philosophy, 1755-1770*, editado por Paul Guyer y Allen W. Wood, Cambridge University Press, New York, 1992. Todas las traducciones de esta obra son nuestras.

dificultades serias si, sólo aplicando las leyes mencionadas, uno intenta representarlas *in concreto*, empleando el concepto de espacio absoluto. La prueba, la cual estoy buscando aquí proporcionar, no es de tipo ingenieril, como fue la propuesta de Euler, pero con un argumento convincente los geómetras por sí mismos podrían usarla para mantener, con la certeza que están acostumbrados, la vigencia de su espacio absoluto. (Ak 2:378)¹⁶

Es decir, la prueba que Kant está preparando, con respecto a la naturaleza del espacio absoluto, ha de tener un carácter geométrico, por algo la hallará en el argumento sobre *las contrapartes incongruentes*. Sólo que, cabe aquí una cuestión: ¿estaría pensando Kant en que la naturaleza del espacio exterior es meramente geométrica?

Así, Kant entiende por contrapartes incongruentes el tipo de objetos que son completamente similares respecto de sus propiedades intrínsecas, pero distintos en sus propiedades extrínsecas, por ejemplo: ocupan lugares distintos en el espacio. Con esto en mente, muestra primero que las características propias de los cuerpos no están determinadas únicamente por las posiciones relativas de sus partes, sino que, precisamente, hace falta remitirse a su orientación respecto a las regiones del espacio, de manera que estas últimas forman parte de un único espacio. De esta forma —dando un conjunto amplio de ejemplos, donde a su vez, define las regiones de todo cuerpo como: arriba y abajo; derecha e izquierda; anterior y posterior, las cuales permiten diferenciar a los cuerpos—, Kant infiere que los cuerpos poseen propiedades intrínsecas, es decir, que no dependen de las posiciones entre ellos, sino de su referencia al espacio absoluto, (contra Leibniz). Es decir, los cuerpos están diferenciados por una referencia interna en relación al espacio absoluto¹⁷. Pues como menciona más adelante:

¹⁶ “It only shows the difficulties involved in giving a determinate meaning to the universal laws of motion if one operates with no other concept of space than that which arises from abstraction from the relation between actual things. It does not, however, consider the no less serious difficulties which arise if, in applying the laws just mentioned, one attempts to represent them *in concreto*, employing the concept of absolute space. The proof, which I am seeking here, is intended so furnish, not engineers, as was *Euler’s* purpose, but geometers themselves with a convincing argument which they could use to maintain with certainty to which they are accustomed, the actuality of their absolute space.”

¹⁷ *Cfr.* “Incongruent counterparts are spatial structures (shapes) in which all internal sizes and relations are identical, but which cannot be made to coincide spatially.” [Gary Hatfield, “Kant on the perception of space (and

El fundamento de la completa determinación de una forma corporal no depende simplemente de la relación y posición de sus partes entre una u otra; eso depende de la referencia a la forma física del espacio absoluto universal, como es concebido por los geómetras. Esta relación al espacio absoluto, como siempre, no puede ser ella misma inmediatamente percibida, aunque las diferencias, las cuales existen entre los cuerpos y las cuales dependen exclusivamente sólo de este fundamento, pueden ser inmediatamente percibidas. (Ak 2:381)¹⁸

Por ello, Kant introduce el camino que ha de seguir para refutar la teoría relacional del espacio de Leibniz, y apelará al argumento de las contrapartes incongruentes¹⁹, donde quizá ya considera que el espacio ha de ser un “dato” fundamental de la mente. Porque para Kant, las contrapartes incongruentes²⁰ presentan una paradoja: al existir éstas, de tal forma que al ser cualitativamente iguales (con respecto a sus propiedades intrínsecas), éstas a su vez no pueden ser remplazadas una por otra, ya que difieren completamente en cuanto a sus propiedades externas, lo que crea una dificultad de fondo a la teoría relacional del espacio, y que ha sido identificado como el contra-ejemplo del principio de identidad de los indiscernibles²¹; además, dado el bagaje argumentativo del *Ensayo...*, para Kant es factible apelar a la orientación de las regiones en el espacio, como complemento de la tesis de las contrapartes incongruentes, para refutar la teoría relacional de Leibniz. Así, Kant concluye:

time)” en *The Cambridge Companion to Kant and Modern Philosophy*, edited by Paul Guyer, Cambridge University Press, Cambridge, 2008, pp. 61-93].

¹⁸ “The ground of the complete determination of a corporeal form does not depend simply on the relation and position of its parts to each other; it also depends on the reference of that physical form to universal absolute space, as it is conceived by the geometers. This relation to absolute space, however, cannot itself be immediately perceived, though the differences, which exist between bodies and which depend exclusively on this ground alone, can be immediately perceived.”

¹⁹ El ejemplo al que Kant recurre es a la existencia de la mano derecha y la izquierda.

²⁰ *Cfr.* “Llamaré a un cuerpo el cual es exactamente igual y similar a otro, pero el cual no puede ser encerrado en los mismos límites como el otro, su *contraparte incongruente*.” (Ak 2:382)

²¹ Este principio fue defendido por Leibniz en distintas partes de su obra, como en “La correspondencia Leibniz-Clarke” o en “La monadología”, se refiere a que en la Naturaleza no pueden existir dos seres que sean indiscernibles, es decir, tanto las diferencias externas como las internas permiten diferenciar los seres, por tanto, no puede haber dos seres “perfectamente iguales y en los que no sea posible encontrar una diferencia interna, o fundada en una determinación intrínseca.” A su vez, la crítica de Kant a este principio se ve reflejada en algunas partes de su obra, como en *El ensayo...*, o como en la *Crítica de la Razón Pura* (A 264/320).

Nuestras consideraciones, por tanto, hacen claras las diferencias, y la verdad de las diferencias puede ser encontrada en la constitución de los cuerpos —el resaltado es nuestro—; estas diferencias se refieren exclusivamente al *absoluto* y *original espacio*, por lo que eso es solamente tal que por el absoluto y original espacio, la relación de las cosas físicas de una con otra es posible. Finalmente, **nuestras consideraciones hacen claro el siguiente punto: el espacio absoluto no es un objeto externo de nuestra sensación; es preferentemente un concepto fundamental, el cual primero que nada hace posible toda nuestra sensación externa.** Por esta razón, hay solamente una forma en la cual podemos percibir un cuerpo, que exclusivamente envuelve la referencia al espacio puro, tal que tomando un cuerpo en contraposición con otros cuerpos. (Ak 2:383)²²

En este sentido es que podemos afirmar que para Kant, el espacio absoluto es un *concepto fundamental*, un *dato* que hace posible la percepción de los objetos, a diferencia del espacio absoluto de Newton, que existe externa e independientemente de éstos. De aquí que deje de lado la idea de un espacio absoluto externo y real, vinculado al concepto de espacio físico, y tome partido por la idea, todavía en ciernes, de un espacio absoluto e ideal, de donde llega a gestarse, a su vez, la concepción de que los cuerpos que se dan en este espacio, son también *ideales*²³.

Así, la todavía no configurada teoría de la idealidad del espacio comienza a fundamentarse en términos de “aquello que posibilita la percepción de los objetos”, lo que en la experiencia humana hace posible la ubicación de objetos en el “espacio”.

Para Kant, el problema sobre la naturaleza del espacio ha de oscilar en el ámbito epistemológico de la experiencia. Entendido provisionalmente así, en la epistemología kantiana de este periodo, el espacio sólo ha de ser *aquello* que hace

²² “Our considerations, therefore, make it clear that differences, and true differences at that, can be found in the constitution of bodies —el subrayado es mío—; these differences relate exclusively to *absolute* and *original space*, for it is only in virtue of absolute and original space that the relation of physical things to each other is possible. Finally, our considerations make the following point clear: absolute space is not an object of outer sensation; it is rather a fundamental concept which first of all makes possible all such outer sensation. For this reason, there is only one way in which we can perceive that which, in the form of body, exclusively involves reference to pure space, and that is by holding one body against other bodies.”

²³ En este punto habría que aclarar que no debe entenderse a Kant como un berkeliano: tal que “los objetos son creaciones de la mente”. Más adelante se tendrá oportunidad de ir aclarando esta idea.

posible la experiencia. No es una substancia, en sentido ontológico, ni mucho menos una relación entre las substancias. En este último sentido, Kant sólo se está refiriendo a la condición que hace posible una experiencia, no a “aquello externo que es experimentado”, y que a su vez: permanece inalterable en la experiencia, lo cual, en primera instancia, corresponde, este último, al espacio físico.

De principio, la vinculación de Kant con el marco de la geometría euclidiana, puede interpretarse en términos de que ésta corresponde a una ciencia que ofrece una representación estructurada del espacio externo, físico, como a partir del siglo XIX lo ofrece cualquier otra geometría. No puede entenderse que Kant afirma que la geometría euclidiana constituye la estructura del espacio físico²⁴.

En el *Ensayo...* ya están presentes ciertas ideas de la teoría de la idealidad del espacio, que Kant llega a establecer más ampliamente en *La Dissertatio* de 1770, apelando en ésta al argumento de las contrapartes incongruentes para refutar la teoría del espacio absoluto de Newton, teoría de la idealidad que sería completamente expuesta en la *KrV*, y complementada en *Los Prolegómenos*.

En términos generales, independientemente de ciertas interpretaciones y críticas que se han hecho a estos aspectos de la obra de Kant²⁵, *El Ensayo...* le permite dar argumentos en contra de la teoría relacional del espacio de Leibniz, considerando:

²⁴ Esta problemática será tratada un poco más adelante, en el capítulo II, cuando se revise la Estética Trascendental, y a su vez, será complementada en los posteriores capítulos.

²⁵ En este punto la bibliografía es vasta, pues hay autores que se remiten al argumento de las contrapartes incongruentes para apoyar ciertas tesis kantianas, así como otros que abiertamente llevan a cabo una crítica de dicho argumento: Broad (1978), Sklar (1974), Earman (1989), Huggget (1999), Allison (1992), Falkenstein (1995), Dainton (2010)... Algunas de estas críticas y/o interpretaciones coinciden en ciertos puntos básicos.

Para Robert Disalle (2006) por ejemplo, lo que Kant obtiene de Euler, y lo aprovecha en el *Ensayo...*, es la incompatibilidad entre la idea de fuerza, desde el punto de vista dinámico, y la concepción relacional del espacio, puesto que para Leibniz, difícilmente puede haber una separación entre física y metafísica.

A su vez, John Earman (1989) argumenta que existe una inconsistencia en lo dicho por Kant en el *Ensayo...*, puesto que uno de los grandes problemas a los que se enfrentaron los newtonianos, fue la posición del espacio absoluto frente al sentido de la rotación y la aceleración, en términos de si puede hablarse de una aceleración y rotación absolutas, o habrá que entenderlas sólo en términos de marcos de referencia, lo que a su vez impacta sobre la noción de movimiento, y en puntos básicos de la física newtoniana. Aunque: “El espacio absoluto de Kant es originario, es decir, no es objeto de la sensación externa sino un concepto fundamental que posibilita los objetos.” (Cano de Pablo 2006, p. 32-3) Sin embargo, en un cierto sentido, Earman trata de mostrar, al introducir su propia versión del relacionalismo vs sustancialismo del espacio. Concluye Earman que resulta insuficiente dicho argumento kantiano para contrarrestar la teoría relacional del espacio, puesto que, según sus argumentos, un relacionista podría obtener un contraejemplo a los argumentos kantianos, aunque aclara que, a pesar de ello, esto no refuta del todo los argumentos presentados por Kant en el *Ensayo...*

- Los aspectos geométricos de los objetos.
- La separación entre física y metafísica.
- El carácter absoluto del espacio, pero estableciendo una concepción propia de éste. Esto es, no considera al espacio a la Newton, como algo externo y absoluto; sino como algo absoluto e ideal.
- El concepto de contrapartes incongruentes, al que más adelante, tanto en la *Dissertatio* como en los *Prolegómenos*, habrá de recurrir, aunque para argumentar en contra de la teoría substancial del espacio.

Con todo, Kant logra tanto refutar la teoría relacional de Leibniz, como configurar una propia concepción sobre el espacio; es decir, le permite establecer que el espacio ha de ser absoluto e ideal, y por tanto, plantear la idea de que los objetos que han de darse en dicho espacio ideal, también habrán de ser ideales, lo cual será desarrollado en la *Dissertatio*, entendidos estos últimos como fenómenos, estableciendo a su vez las bases de la teoría de la idealidad del espacio, que será completada en la *Estética Trascendental*.

Para concluir la sección es menester retomar la idea de que existe un espacio absoluto e ideal, pues ésta, creemos, nos lleva a identificar que Kant concibe al espacio como un *dato* fundamental de la mente, que permite estructurar, ordenar nuestras percepciones de objetos, es decir: llevar a cabo una experiencia. Con lo anterior, se entendería que para Kant, el espacio, en la experiencia, no es una

En una línea similar se ubican las críticas de Nick Huggett (1999), este autor, en su *Commentary* al *Ensayo...*, recurre a un concepto técnico: *quiralidad*, referido a un tipo de simetría de los espejos, tal que como él mismo lo menciona: “Lo que esto muestra es que ‘*handedness*’ (“quiralidad” dada en su nombre técnico) es vinculada a la incongruencia.” (*op. cit.*, p. 207) De tal forma que, con ejemplos de quiralidad entre caracteres y/o letras, digamos \subseteq | \supseteq , para las cuales, siendo contrapartes incongruentes, la rotación de una sobre el plano, no puede superponerse a la otra en una simple rotación en dicho espacio, y a su vez, en ejemplos ilustrados en lo que él llama “banda de Möbius (una superficie no orientable de una sola cara). Así, Huggett concluye que la disposición de los objetos depende de la forma del espacio, y tal que: “Aunque Kant ha introducido algunos aspectos importantes de la geometría de las imágenes en el espejo, él no se habría dirigido a mostrar que existe algún fenómeno tal que el relacionismo es incapaz de tener en cuenta. Evidentemente, parecería que nuestras nociones de quiralidad (*handedness*) podrían ser pensadas muy plausiblemente como relacionales. Como siempre, nosotros no podríamos pensar que hemos considerado exhaustivamente todas las preguntas aquí, las propuestas de Kant continúan siendo un rompecabezas y estimulantes para los filósofos.” (*Ibidem*, p. 212)

relación ni una substancia, de ahí su carácter de *absoluto* e ideal, carácter separado de la concepción de espacio absoluto y externo de Newton. A su vez, cabe aclarar que Kant no niega la existencia del espacio externo, omnicomprendido, más bien, le interesa indagar sobre el espacio como condición de posibilidad de todo conocimiento. Se encamina pues a estructurar una teoría propia sobre la naturaleza del espacio.

I.3 La *Dissertatio* (1770).

La *Dissertatio* se divide en cinco secciones, abarcando en su totalidad treinta párrafos, de tal forma que:

- Sección 1. Sobre el concepto de un mundo en general (§ 1, 2).
- Sección 2. Sobre la distinción entre las cosas sensibles y las cosas inteligibles en general (§ 3-12).
- Sección 3. Sobre los principios de la forma del mundo sensible (§ 13-15, con un corolario).
- Sección 4. Sobre el principio de la forma del mundo inteligible (§ 16-22, con un escolio).
- Sección 5. Sobre el método en metafísica concerniente a lo que es sensitivo a lo que llega a ser del entendimiento (§ 23-30).

La sección 3, en los párrafos 14 y 15 trata sobre el espacio y el tiempo como formas puras de la intuición sensible, respectivamente. Aunque bien cabe señalar que muchos otros temas relevantes para la filosofía crítica se tratan en este escrito, pues como apunta Frederick C. Beiser (2009):

Este trabajo le brindó a Kant el cierre del umbral de la filosofía crítica. Muchas de sus más importantes enseñanzas se anticipan a la primera *Crítica*: la distinción entre clases de razón y sensibilidad, la teoría del espacio y el tiempo como formas *a priori* de la sensibilidad, el concepto de *a priori* constitutivo del intelecto, y la limitación de la

metafísica a una ontología de los conceptos puros. Aún si Kant habría aprovechado el umbral de la filosofía crítica, él ciertamente no lo había sobrepasado. La *Dissertatio* todavía no poseía el problema fundamental de la *Crítica*, la posibilidad de los juicios sintéticos *a priori*, y no había formulado la tesis central del idealismo trascendental, tal que los objetos dados a nuestra experiencia son solamente apariencias de las “cosas en sí mismas”. La *Dissertatio* fue en el mejor de los casos, solamente una morada intermedia de la dificultad en el camino alrededor de la *Crítica*. (p. 52-3)²⁶

La *Dissertatio* representa el punto medular de las problemáticas en ciernes de lo que Kant habría de centrarse en tratar en su periodo crítico. Así, en la *Dissertatio*²⁷ Kant recurre al argumento de las contrapartes incongruentes, dando por hecho que dicho argumento es suficiente para concebir que el espacio absoluto es ideal, es decir, concibe que “la representación del espacio es intuitiva”, y por tanto, entiende a los objetos como fenómenos, de aquí el carácter de su idealismo trascendental. Asimismo, Kant ha de abandonar la idea de un espacio absoluto, entendido como “unidad sustancial externa”. En cierto sentido:

Refutó ambos puntos de vista, el relacional de Leibniz y el “Inglés” del espacio como “*absoluto e ilimitado receptáculo de las cosas posibles*” (Ak 2:403). Afirmó ahora que “el espacio no es algo objetivo y real, tampoco una sustancia, ni un accidente, ni una relación; éste es, preferentemente, subjetivo e ideal, es una cuestión de la mente en concordancia con una ley estable como un esquema, tal que nos refiere, coordinando todo lo externamente sentido” (Ak 2:403). Kant afirma ahora la *idealidad* del espacio en el sentido crítico del término. También toma que “el concepto de espacio” es una

²⁶ “This work brought Kant closet to the threshold of the critical philosophy. Several of its most important teachings anticipate the first *Critique*: the distinction in kind between reason and sensibility, the theory of space and time as *a priori* forms of sensibility, the *a priori* concepts constitutive of the intellect, and the limitation of metaphysics to an ontology of pure concepts. Yet if Kant had approached the threshold of the critical philosophy he certainly had not passed over it. The *Dissertation* still had not posed the fundamental problem of the *Critique*, the possibility of synthetic *a priori* judgements; and it had not formulated the central thesis of transcendental idealism, that the objects given to us in experience are only appearances of “things in themselves.” The *Dissertation* was at best, then, only a halfway house on the difficult road toward the *Critique*.” Todas las traducciones son nuestras.

²⁷ La edición en la cual vamos a basar la lectura corresponde a “On the Form and Principles of the Sensible and the Intelligible World [Inaugural Dissertation] (1770)” en *Theoretical philosophy, 1755-1770*, editado por Paul Guyer y Allen W. Wood, Cambridge University Press, New York, 1992.

“intuición” (*Ak* 2:402), lo cual significa que la representación del espacio es una imagen concreta (no un concepto discursivo). (Hatfield 2008, p. 74)²⁸

En este último sentido, aclara Hatfield —en atención al análisis llevado a cabo por Lorne Falkenstein en su libro *Kant’s Intuicionism. A commentary on the Transcendental Aesthetic* (2004)—, que no hay que entender a Kant como negando que tengamos un concepto de espacio, pues esto lo aclarará en la *Estética Trascendental*, sino más bien, que nuestra representación espacial no puede ser obtenida de un concepto general abstracto, ésta proviene, inicialmente de una intuición²⁹. Es decir, que un concepto de espacio tiene como base a la intuición, la representación inmediata de algo singular.

La intuición como *representación*³⁰ inmediata singular, como marco referencial de la mente. Kant no está afirmando que dicha representación sea *estructurada* en un sistema axiomático único, como la geometría euclidiana, la cual sólo es una ciencia que establece una representación estructurada del espacio. En principio, queda claro que hablar sobre el espacio es remitirse a la intuición que, en conjunción con las categorías (como se verá en el capítulo III), permite estructurar una “representación espacial” de los objetos. La geometría euclidiana ofrece sólo una representación estructurada, entre otras posibles, del espacio, de aquí que la representación espacial estructurada no ha de ser única, la intuición espacial sí, y ésta es pura y *a priori* (como se verá complementado en el capítulo II).

²⁸ “He rejected both the relational view of Leibniz and the “English” view of space as an “*absolute*” and boundless *receptacle* of possible things” (*Ak* 2:403). He now asserted that “Space is not something objective and real, nor is it a substance, nor an accident, nor a relation; it is, rather, subjective and ideal; it issues from the mind in accordance with a stable law as scheme, so to speak, for co-ordinating everything which is sensed externally” (*Ak* 2:403). Kant now asserts the *ideality* of space in his critical sense of that term. He also holds that “the concept of space” is a “intuition” (*Ak* 2:402), which means that the representation of space is a concrete image (not a discursive concept).”

²⁹ Esta aclaración es sumamente importante, en la “*Estética Trascendental*”, Kant explica por qué el espacio no es un “concepto discursivo”, lo hace específicamente en la “*Exposición Metafísica*”.

³⁰ El concepto de representación (*Vorstellung*) es de suma importancia en la epistemología kantiana. Las representaciones corresponden a “determinaciones internas de nuestra mente, en esta o aquella relación con el tiempo.” <A197>[B242] Si bien toda representación posee una referencia inmediata a la intuición, está vinculada, por derecho, a “estados internos de nuestra mente”, por lo que: “Para Kant nuestros estados internos constituyen el *medio* de representación y para representar un objeto hay que estar consciente de algo *en* tal medio” (For Kant our internal states constitute the *médium* of representation and to represent an object is to be aware of something *in* that médium.) (Dickerson 2004, p. 5) Por algo el autor considera que Kant es un “representacionista”, tal que la *KrV* está en gran parte encaminada a tratar nuestros distintos tipos de representaciones. Más adelante se tendrá oportunidad de tratar en detalle esta noción, y su importancia con respecto al espacio y al tiempo.

Podría decirse que Kant obtiene su concepción del espacio como posibilidad de “representación de una experiencia sensorial”, es decir, éste ha de ser presupuesto, debido a la existencia de percepciones en el sentido externo; aunque dicha “presuposición” no implica una representación estructurada única, necesaria.

Así, Kant utiliza el argumento de las contrapartes incongruentes en la *Dissertation*, como condicional de que podemos distinguir entre las direcciones del espacio (izquierda-derecha, arriba-abajo...), tal que esto último sólo es posible si, primero, ya nos es dada la intuición espacial, y tal que la actividad del entendimiento vendrá después a ordenar dicha representación, estableciendo una “representación de una representación”, es decir, un concepto de espacio. Lo que, insistimos, no ha de atender sólo a un marco geométrico, ya sea euclidiano o no euclidiano. Cada concepto de espacio es explicitado por una geometría. Recordemos que para Kant, el espacio, al ser intuición pura, no es concepto. Y cada concepto de espacio es una representación estructurada.

Ahora bien, sobre el espacio, Kant menciona:

- A. El concepto de espacio no es abstraído de nuestras sensaciones externas. Para que yo pueda concebir algo como situado fuera de mí, representándolo como el lugar, el cual es diferente del lugar en el que yo mismo estoy³¹; y podría solamente concebir las cosas externas una de otra localizándolas en distintos lugares en el espacio. La posibilidad, por tanto, de percepciones externas como tal *presupone* el concepto de espacio; no lo crea. Asimismo, también, las cosas que están en el espacio afectan los sentidos, pero el espacio en sí mismo no puede ser derivado de los sentidos. (Ak 2:402)³²

De esto último, si el espacio no puede ser derivado de los sentidos, ¿cabe interpretar a Kant en términos de su apego a una sola representación espacial? Kant

³¹ Aquí habría que referirnos a la lectura de la Exposición Metafísica del espacio, llevada a cabo en el capítulo II, donde se identifica que el espacio es un “orden de presentación”, que supone la presencia de un observador que es parte del orden mismo.

³² “A. *The concept of space is not abstracted from outer sensations.* For I may only conceive of something as placed outside me by representing it as in place which is different from the place in which I am myself; and I may only conceive of things outside one another by locating them in different places in space. The possibility, therefore, of outer perceptions as such *presupposes* the concept of space; it does not *create* it. Likewise, too, things which are in space affect the senses, but space itself cannot be derived from the senses.”

entiende aquí, que para tener una representación del espacio se cuenta con una multiplicidad de sensaciones, una forma de llevar a cabo la experiencia de los objetos externos, sin embargo, no está afirmando nada acerca de la representación del espacio, sino sólo que el espacio, entendido en su sentido ideal, posibilita las percepciones externas. Pero, ¿se está refiriendo al espacio físico?

B. *El concepto de espacio es una representación singular que abraza todas las cosas consigo mismo; no es un concepto común abstracto conteniéndolas en sí mismo. Para que se hable de muchos lugares, todas las partes del mismo espacio ilimitado deben ser referidas a algún otro por una posición fija. Y tú puedes concebirte por ti mismo al pie de un cubo si éste es rodeado en todas las direcciones por el espacio que lo envuelve... (Ak 2:402)*³³

En principio, Kant habla de “representación singular”, de intuición pura, lo cual permite entender que dicha idea no se contrapone con la existencia de distintas representaciones espaciales, ya sean euclidianas o no. Precisamente porque es concebible la existencia de distintas representaciones espaciales, resulta sustentado el carácter singular del espacio como intuición pura “actuando” en cada una de dichas representaciones.

C. *El concepto de espacio es por tanto una intuición pura, por ello un concepto singular, no es algo compuesto por nuestras sensaciones, aunque es la forma fundamental de nuestra sensación externa. (Ak 2:402)*³⁴

Con lo anterior, es legítimo plantear la cuestión: ¿qué son las geometrías no euclidianas sino “construcciones mentales”, *representaciones* lógicamente consistentes con la geometría euclidiana? Si bien, Kant está pensando en la

³³ “B. *The concept of space is a singular representation embracing all things within itself; it is not an abstract common concept containing them under itself. For what you speak of as several places are only parts of the same boundless space related to one another by a fixed position. And you can only conceive to yourself a cubic foot if it be bounded in all directions by the space which surrounds it.*”

³⁴ “C. *The concept of space is thus a pure intuition, for it is a singular concept, not one which has been compounded from sensations, although it is the fundamental form of all outer sensation. Indeed, this pure intuition can easily be seen in the axioms of geometry, and in any mental construction of postulates, even problems.*”

geometría euclidiana como una “representación espacial”, parte de estos últimos argumentos pueden extenderse al caso de las geometrías no euclidianas, tal que la intuición espacial se encuentra en la base de todas las geometrías, es decir, resulta ser la condición de posibilidad de todas las geometrías³⁵.

Ahora bien, puede extraerse la idea de que lo dicho por Kant revela que los argumentos sobre las contrapartes incongruentes no son suficientes para cubrir todas las direcciones en un marco de referencia, dado su carácter meramente geométrico, de ahí que reinterprete la postura dada en el *Ensayo...* en relación al espacio absoluto de Newton, apostando no a que el espacio sea absoluto y real, ni tampoco que se deba a una condición relacional de los objetos. El argumento es que, por tanto, el espacio es subjetivo e ideal.

Asimismo, hasta este punto —correspondiente a la *Sección 3: Sobre los principios de la forma del mundo sensible*, § 15 Sobre el espacio—, Kant está sentando las bases de su teoría de la idealidad del espacio, desarrollada más ampliamente en la *Estética Trascendental*; pero si bien, recurre al argumento de las contrapartes incongruentes, no lo hace para refutar exclusivamente la concepción de Newton o Leibniz, su objetivo es usar el argumento para reforzar su concepción de espacio ideal, y de los objetos, también ideales, dados en éste³⁶.

Kant sustenta a su vez la idea de que la representación del espacio proviene de una intuición, recurriendo al carácter de la geometría, como menciona en el punto C anterior: “Evidentemente, esta intuición pura puede fácilmente ser vista en los axiomas de la geometría, y en una construcción mental de postulados, incluso problemas.” (Ak 2:403)³⁷ Y más adelante afirma: “Por tanto, la geometría emplea principios, los cuales no son solamente indudables y discursivos, pero los cuales también caen bajo la mirada de la mente.” (Ak 2:403)³⁸ Con todo esto, y en atención a lo ya mencionado líneas arriba, Kant afirma:

³⁵ Para una discusión más amplia de este argumento, puede verse el Apéndice A: “La idealidad del espacio en Kant y las geometrías no euclidianas”, a su vez, ver Hacyan (2008).

³⁶ Cabe aclarar que no debe entenderse el sentido de <<ideal>> en términos berkeleyanos, como que los “objetos son creaciones de nuestra mente”, ver capítulo II.

³⁷ “Indeed, this pure intuition can easily be seen in the axioms of geometry, and in any mental construction of postulates, even problems.”

³⁸ “Hence, geometry employs principles which are not only indubitable and discursive, but which also fall under the gaze of the mind.”

D. *El espacio no es algo objetivo y real*, no es una sustancia, ni un accidente, ni una relación; es, preferentemente, subjetivo e ideal; se remite a la naturaleza de la mente en acuerdo a una ley estable como un esquema, lo cual se remite a coordinarlo todo, para el cual es externamente sentido... (Ak 2:403)³⁹

El espacio, como *dato* en la mente, como intuición pura, permite ordenar representaciones de objetos externos, permite a su vez, coordinar las sensaciones en un esquema mental. El espacio, para Kant, no es una sustancia a la sazón de Newton, y como veremos en los siguientes capítulos, el espacio de la relatividad general, fundamentado por las geometrías no euclidianas, muestra, en cierto sentido, la no sustancialidad del espacio, pero aún así, a pesar de su supuesta naturaleza relacional, no contradice la teoría de la idealidad del espacio.

Retomando los argumentos de Kant, y dando respuesta a la cuestión planteada párrafos arriba sobre de cuál espacio está hablando, Kant se refiere a la intuición espacial pura, no a un espacio físico, externo y real; tampoco se refiere al espacio representativo. Como puede verse:

E. Aunque *el concepto de espacio* como un ente objetivo y real, o propiamente imaginario, de ninguna manera, *de ninguna forma relativo a todas las cosas externas*, no es sólo un concepto, lo cual es en alto grado cierto, es también el fundamento de toda verdad de la sensibilidad externa. Porque las cosas no pueden aparecer a los sentidos bajo el aspecto de un todo, excepto por la mediación del poder de la mente que coordina todas las sensaciones en acuerdo a una ley, la cual es estable y la cual es inherente a la naturaleza de la mente. (Ak 2:404)⁴⁰

³⁹ “D. *Space is not something objective and real*, nor is it a substance, nor an accident, nor a relation; it is, rather, subjective and ideal; it issues from the nature of the mind in accordance with a stable law as a scheme, so to speak, for co-ordinating everything which is sensed externally...”

⁴⁰ “E. Although the *concept of space* as some objective and real being or property be imaginary, nonetheless, *relatively to all sensible things whatsoever*, it is not only a concept which is the highest degree true, it is also the foundation of all truth in outer sensibility. For things cannot appear to the senses under any aspect at all except by the mediation of the power of the mind which co-ordinates all sensations according to a law which is stable and which is inherent in the nature of the mind.”

La primera conclusión importante que se llega a obtener de este apartado, que a nuestro juicio es uno de los más relevantes de la *Dissertatio*, es que el espacio corresponde a la forma del mundo sensible, el cual está referido a la sensibilidad del sujeto, y tal que éste sólo tendrá acceso al fenómeno, no a la forma en sí de la materia⁴¹. Entendiendo por fenómeno un “objeto de experiencia”⁴², y además: “El principio de la forma del *mundo sensible* es tal que contiene el fundamento de la *conexión universal* de todas las cosas, y es lo que se llama *fenómeno*. La forma del mundo *inteligible* reconoce un principio objetivo, hay que decir, alguna causa en virtud de la cual juntas se combinan las cosas, las cuales existen en sí mismas.” (Ak 2:398)⁴³ Kant plantea la distinción entre *mundo sensible*: el mundo de las percepciones sensibles; y un *mundo inteligible*: el mundo de las cosas en sí. En este último sentido, la distinción entre <<objetos sensoriales>> (fenómenos) y <<objetos inteligibles>> (nouómenos), le permite a Kant establecer que el *phaenomenon* (la cosa como aparece) y que pertenece al plano de la sensibilidad, con la intuición pura, “cuyos principios son el *espacio* y el *tiempo*, fundan —en la intuición— la matemática pura (geometría pura, mecánica, aritmética, etc.) y la intuición empírica, portadora de las sensaciones y que está en la base de las ciencias de la naturaleza, de la física y de la psicología.” (Goldmann 1998, p. 92)

En el caso del mundo inteligible, Kant postula el *noúmenon*⁴⁴. Con lo cual está ya entrando al periodo crítico, sin embargo, no puede hablarse completamente de una total configuración de los principales temas de la filosofía crítica, ni acaso de todo lo contenido en la Estética Trascendental, ya que incluso, la problemática

⁴¹ Cfr. “Materia (en sentido trascendental), esta es las *partes*, las cuales son tomadas aquí para ser *sustancias*.” (Ak 2:390)

⁴² Este concepto: “objeto de experiencia”, ha de resultar fundamental en ciertos aspectos de la presente tesis.

⁴³ “The principle of the form of the *sensible world* is that which contains the ground of the *universal connection* of all things, in so far as they are *phenomena*. The form of the *intelligible world* recognises an objective principle, that is to say, some cause in virtue of which there is a combining together of the things which exist in themselves.”

⁴⁴ Resulta relevante mencionar aquí que en la presente tesis, hemos de distinguir entre fenómenos, nouómenos y cosas en sí. El primero estará caracterizado bajo los mismos términos en los que Kant lo define, en cambio, por nouómeno entenderemos un “objeto intelectual” acaso “inaccesible”, y por cosa en sí: las cosas tal y como son en sí mismas.

alrededor de las antinomias⁴⁵, como menciona Paul Guyer (2003), no está del todo configurada.

Es menester señalar que parecería que Kant sigue apelando a ciertos aspectos metafísicos, que posteriormente habrá de abandonar en la primera *Crítica*, sin embargo, precisamente, tanto en el *Ensayo...* como en la *Dissertatio*, es donde da cuenta de una sustancial separación entre la metafísica y la filosofía de la naturaleza, y asimismo de la matemática. Como menciona Cassirer, en atención a la *Dissertatio*:

Por tanto, en el momento mismo en que se disponía a transformar su doctrina en un sentido que parecía acercarla de nuevo a la metafísica, había algo claro e incuestionable para Kant, a saber: que cualquiera que fuese la validez que a los principios metafísicos pudiera reconocerse, la matemática debiera ser asegurada y protegida contra todos los “ardides” de la metafísica, lo mismo en cuanto ciencia pura que en cuanto ciencia aplicada. (Cassirer 1997, p. 131)

Kant identifica precisamente el carácter de una antinomia entre la metafísica y la posibilidad de aplicación de la matemática al mundo físico, puesto que no sería posible postular una “armonía preestablecida” entre ambas esferas, sin caer en ciertas contradicciones. Así, debe identificarse que existen formas puras que preceden a la realidad empírica, esto es: el espacio y el tiempo, por lo que se plantea su condición ideal, no sustancial o relacional, y aún así: ni física ni objetiva. De nuevo, distingue, por ejemplo, entre el espacio como intuición pura (condición de posibilidad de conocimiento), del espacio como entidad física, a la vez de la representación de éste.

En un caso específico, Kant intentó resolver el conflicto derivado de la razón consigo misma, que sustenta las antinomias, en términos, por ejemplo, de la idealidad del espacio: al postular que el espacio es ideal y por tanto, precede a las “cosas espaciales”, y entonces estas últimas “cosas espaciales” no son más que fenómenos, de aquí que pueda hablarse de un “espacio representativo”, es decir, una representación estructurada del espacio físico.

⁴⁵ Más adelante tendremos oportunidad de tratar lo concerniente a las cuatro antinomias (las primeras dos a veces conocidas como matemáticas, las dos restantes como dinámicas) que Kant trata en la *KrV*.

Finalmente, gran parte de los argumentos de la *Dissertatio*, le permiten a Kant delimitar claramente entre los terrenos propios de la metafísica, y los de la física y la matemática, esto es:

Con ello quedan satisfechas por igual las exigencias de la metafísica y las de la física matemática; cada uno de estos dos campos ha encontrado dentro de sí mismo su centro de gravedad y su principio peculiar de certeza. Es esto lo que constituye, para el propio Kant, el tema central y la verdadera médula de su disertación inaugural.” (Cassirer 1998, p. 139)

El espacio, en esta obra, adquiere su condición de forma pura *a priori*, si se excava más en la “maquinaria kantiana”. La *Dissertatio* marca el camino hacia el terreno crítico. Asimismo, la distinción entre mundo sensible y mundo inteligible dada en la obra de 1770, dibuja el camino hacia la idealidad del espacio y el tiempo. A la vez, se resalta la diferenciación kantiana entre el espacio como intuición pura, el espacio como representación, y el espacio como entidad física, y tal que no puede afirmarse una total convergencia entre éstos.

Para concluir, en relación a lo dicho por Kant sobre el tiempo, lo más relevante se presenta en el § 14 Sobre el tiempo, de manera que:

1. *La idea de tiempo no surge de algo pero es presupuesta por los sentidos.* Por algo sólo a través de la idea de tiempo es que es posible para las cosas antes de los sentidos ser representadas como simultáneas o sucesivas.
2. *La idea de tiempo es singular* y no general. Ningún tiempo es pensado excepto como parte de un mismo ilimitado tiempo.
3. Por tanto, *la idea de tiempo es una intuición.*
4. *El tiempo es una magnitud continua.* Y es el principio de las leyes de lo que es continuo en los cambios del universo. Por lo continuo es una magnitud, la cual no está compuesta de partes simples.
5. *El tiempo no es algo objetivo y real,* no es una sustancia, ni un accidente, ni una relación. El tiempo es preferentemente la condición subjetiva, la cual es necesaria

en virtud de la naturaleza de la mente humana, para la coordinación de todas las cosas sensibles, en concordancia con un conjunto de leyes.

6. Ahora, aunque el *tiempo*, situado en sí mismo y absolutamente, podría ser un ser imaginario, todavía, está lejos de ser en tal caso la ley inmutable de las cosas sensibles, lo cual es un alto grado de verdad.
7. El tiempo, es por tanto, absolutamente un primer *principio formal del mundo sensible*. (Ak 2:399-2:402)⁴⁶

Kant afirma desde aquí la idealidad del tiempo, tal que éste es una intuición, y a su vez, una “condición de los fenómenos”. En virtud de que el tiempo no es sustancia, sino intuición, es que puede ser pensada la posibilidad del cambio. Y no es que el cambio exista por sí mismo y tal que el tiempo sea la medida de éste, sino porque existe el tiempo como intuición, es que surge la posibilidad de pensar el cambio, y a su vez: la simultaneidad⁴⁷. Cabe aclarar aquí que el nuevo sentido que la teoría de la relatividad ha dado a la noción de simultaneidad, así como a otros atributos del tiempo⁴⁸, no está separado de cierto sentido trascendental, como veremos en los próximos capítulos. Finalmente, gracias a esta parte de la obra de Kant, junto con la idea de tiempo en la Estética Trascendental, es que puede entenderse la interpretación de Gödel sobre la filosofía idealista de Kant, en términos de una filosofía que niega la realidad del tiempo⁴⁹.

⁴⁶ “1. *The idea of time does not arise from but is presupposed by the senses*. For it is only through the idea of time that it is possible for the things which come before the senses to be represented as simultaneous or successive.

2. *The idea of time is singular* and not general. For no time is thought of except as a part of the same one boundless time.

3. Therefore, *the idea of time is an intuition*.

4. *Time is a continuous magnitude*, and it is the principle of the laws of what is continuous in the changes of the universe. For the continuous is a magnitude which is not composed of simples.

5. *Time is not something objective and real*, nor is it a substance, nor an accident, nor a relation. Time is rather the subjective condition which is necessary, in virtue of the nature of the human mind, for the coordinating of all sensible things in accordance with a fixed law.

6. Now, although *time*, posited in itself and absolutely, would be an imaginary being, yet, in so far as it belongs to the immutable law of sensible things as such, it is in the highest degree true.

7. Time, therefore, is an absolutely first *formal principle of the sensible world*.”

⁴⁷ Estos conceptos habrán de ser revisados suficientemente más adelante.

⁴⁸ La idea de un tiempo curvo (con sus implicaciones topológicas), y asimismo la de viajes en el tiempo, han cambiado el sentido a atributos clásicos del tiempo, como el de linealidad y línea temporal, respectivamente.

⁴⁹ Puede verse el famoso artículo de Kurt Gödel (2006): “Una observación sobre la relación entre la teoría de la relatividad y la filosofía idealista”.

Así, para terminar la sección, resultan pertinentes las siguientes conclusiones:

- En la *Dissertatio*, a pesar de que Kant continúa desarrollando sus reflexiones en torno a la relación entre la física, las matemáticas y la metafísica, a su vez, marca una sustancial diferencia entre éstas.
- En tal obra, establece una separación entre la sensibilidad y el entendimiento, entre el mundo sensible y el mundo inteligible.
- Da los elementos mínimos de su teoría de la idealidad del espacio y el tiempo.
- Postula el carácter intuitivo del espacio y el tiempo.
- Marca la diferencia entre los fenómenos y los noumenos.
- Si bien, deja ver ciertos atisbos de su concepción sobre las “intuiciones *a priori*”, habrá que esperar hasta la *KrV* para ver desarrollada en detalle dicha concepción.

El consenso general entre la mayoría de los intérpretes de Kant, es que en la *Dissertatio*, el punto más importante radica en la postulación de la idealidad del espacio y el tiempo, y la distinción entre la sensibilidad y el entendimiento, lo que ha de servir de base fundamental para los argumentos de la Estética Trascendental en la *KrV*, de aquí la importancia de dicha *Dissertatio*, pues en ésta:

El espacio y el tiempo son sensibles porque no es posible reducir a simples determinaciones conceptuales, por muy a fondo que se lleve el análisis, la coincidencia y la sucesión; y son, al mismo tiempo, “puros”, porque aun sin necesidad de llevar a cabo aquel análisis que los reduzca a elementos conceptuales, llegamos a la “evidencia” plena de la función que desempeñan como totalidad y podemos así captarlos en su vigencia incondicional, sobrepuesta a todo lo puramente real y empírico. (Cassirer 1998, p.134-5)

En la *Dissertatio* quedan así sentadas las bases de lo que en la *KrV* se habría de desarrollar, independientemente de no haber configurado una de las preocupaciones centrales de ésta, la posibilidad de los juicios sintéticos *a priori*.

I.4 Recapitulación.

En términos generales, podemos establecer las siguientes conclusiones:

- (1) En cuanto al espacio: El argumento de las contrapartes incongruentes, expresado en los trabajos precríticos (*Ensayo...* y *Dissertatio*) y retomado más tarde en los *Prolegómenos*, sólo constituye un argumento parcial y de apoyo a las ideas de Kant sobre el espacio, sus principales ideas no dependen de éste. Es un argumento de carácter geométrico, por lo que suponer que la idealidad del espacio puede depender de éste, es lo que daría sustento a ciertas críticas a la idealidad del espacio de la *KrV* (ver por ejemplo, Guyer (1987)).
- (2) En los trabajos precríticos, puede identificarse el hecho de que Kant no sólo tuvo en mente la posibilidad de la geometría euclidiana de tres dimensiones, como una ciencia que ofrece una representación estructurada del espacio.
- (3) Desde la *Dissertatio*, Kant establece la distinción entre espacio como intuición pura; espacio físico; y espacio representativo, como representación estructurada (geometría).
- (4) Un punto importante de la *Dissertatio* es cómo Kant marca una substancial diferencia entre metafísica, matemáticas y física, dado que sus reflexiones de dicha obra siguen apelando a tales disciplinas.
- (5) En la *Dissertatio* está presente la condición ideal del tiempo, donde éste es considerado como no objetivo, la cual será complementada en la *KrV*.

Capítulo II: Espacio y tiempo en la Estética Trascendental.

A una ciencia de todos los principios
de la sensibilidad *a priori*
la denomino *estética trascendental*.

<A21>[B35]

II.1 Introducción.

En tanto que si bien, como menciona Justus Hartnack (2006): “En la *Estética Trascendental*, Kant se propone responder a la cuestión de cómo es posible hacer en matemática juicios que sean a la vez sintéticos y *a priori*.” (p. 26) Los alcances y preocupaciones de la Estética Trascendental van todavía más allá.

Como es bien conocido, el conocimiento para Kant posee dos condiciones estructurales, distintas en naturaleza, pero complementarias (<A50>[B74]): (1) las capacidades intuitivas (espacio y tiempo) y; (2) las capacidades conceptuales. De aquí que en la Estética Trascendental el autor da cuenta de las primeras. En este sentido es que el espacio y el tiempo, al ser intuiciones puras, su naturaleza resulta ser no conceptual y no empírica, por algo *a priori*. Lo anterior está sustentado en el hecho de que para Kant, el conocimiento humano es receptivo, y por tanto, todo objeto de conocimiento resulta ser espacio-temporal. Así, las capacidades sensibles humanas son el espacio y el tiempo, y son, de nuevo, capacidades cognitivas no discursivas, es decir, no conceptuales⁵⁰.

En este capítulo, llevamos a cabo una lectura de la Estética Trascendental con el fin de establecer los conceptos de espacio y tiempo, que estarán presentes a lo largo de la tesis.

Dicho lo anterior, identificamos primero las características principales de lo que Kant llama intuición pura, diferenciándola de lo que se entendería por intuición empírica. Asimismo, establecemos los conceptos fundamentales de esta parte de la

⁵⁰ Precisamente, Efraín Lazos (2014) da cuenta de este carácter fundamental de las intuiciones, el cual forma parte de lo que se ha llamado “la *Elementärlehre* de Kant”: “Pensamientos sin contenido son vacíos, intuiciones sin conceptos son ciegas.” <A51>[B75]

KrV, tales como sensibilidad (*Sinnlichkeit*), sensación (*Empfindung*), fenómeno (*Erscheinung*), materia (*Materie*) (sección I.1.1).

Posteriormente, nos enfocamos en el tratamiento de la Exposición Metafísica y la Exposición Trascendental del espacio (secciones II.2 y II.3, respectivamente). En este sentido, consideramos que gran parte de las controversias sobre la naturaleza del espacio, que la perspectiva kantiana ha despertado, provienen de cómo se ha interpretado la Exposición Metafísica del espacio (<A22>[B37]-<A25>[B40]). A nuestro juicio, dichas controversias son saldadas siguiendo la lectura de Efraín Lazos (2014), que permite identificar la estructura del argumento de la Exposición Metafísica como una *reductio* (un dilema destructivo)⁵¹, y tal que nos conduce a entender al espacio como un “orden presentacional”⁵².

Asimismo, el hilo conductor de la lectura de la Exposición Trascendental del espacio, tiene que ver con la idea de que Kant presenta a la geometría como un ejemplo de una ciencia que establece una representación estructurada del espacio. De aquí que pueda darse pauta a considerar que toda geometría (euclidiana o no euclidiana) constituye una representación estructurada del espacio, entendido como entidad física, como bien se tuvo ya oportunidad de señalar en el capítulo anterior.

La sección II.4 tiene como objetivo hacer una concisa revisión de la filosofía de las matemáticas de Kant, y tal que permita establecer la distinción entre intuición pura *a priori*, intuición empírica e intuición formal. Asimismo, establecemos el concepto de lo sintético *a priori*, y su relación con la geometría.

La sección II.5 se enfoca a hacer una lectura de la Exposición Metafísica y la Exposición Trascendental del tiempo. Cabe señalar que la parte sobre la Exposición Metafísica atenderá, de manera análoga, a la estructura argumentativa llevada a cabo en la sección II.2. Finalmente, daremos nuestras conclusiones al capítulo (sección II.6).

⁵¹ Autores como Henry Allison (1992) o Paul Guyer (1987/2003), llevan a cabo una lectura de la exposición metafísica bajo otro esquema, sin embargo, dichas lecturas no resultan relevantes para los fines del capítulo.

⁵² “Lo que determina el orden presentacional —lo que lo hace no ser arbitrario— es que los elementos se presentan en una posición específica ante un observador que a su vez tiene una posición determinada con respecto a los elementos en un mismo plano o marco. En el orden presentacional —lo que no sucede con el convencional ni con el comparativo—, el observador (el encargado de la tarea de detectar relaciones) es parte del orden mismo.” (Lazos 2014, p. 86-7)

II.1.1 Conceptos fundamentales.

Uno de los conceptos que más han despertado controversias es el de intuición (*Anschauung*)⁵³, del cual Kant nos dice:

Cualesquiera sean la manera y los medios por los que un conocimiento se refiera a objetos, aquella [manera] por la cual se refiere a ellos inmediatamente, y que todo pensar busca como medio, es la *intuición*⁵⁴. Ésta, empero, sólo ocurre en la medida en que el objeto nos es dado; pero esto, a su vez, sólo es posible —al menos para nosotros los humanos— en virtud de que él afecta a la mente de cierta manera. <A19>[B33]⁵⁵

Es decir, como menciona Charles Parsons (1982): “Intuición es una especie de representación (*Vorstellung*)⁵⁶ o, en el lenguaje de Descartes y Locke, idea⁵⁷.”

⁵³ Por ejemplo, en la terminología de Henry Allison (1992), éste distingue entre intuiciones puras e intuiciones empíricas, de las cuales, en la primera caracterización se puede hablar de “*forma de intuición* (intuición pura indeterminada) e *intuición formal* (intuición pura determinada).” (p. 163) Además de que habrá que distinguir entre dos sentidos de la primera caracterización: “Este puede entenderse como significando la forma o manera (*Art*) de *intuir*, la cual puede ser caracterizada como una capacidad innata o disposición de intuir las cosas de una cierta manera, i. e., espacial y temporalmente, o como significando la forma, la estructura esencial, de lo que es *intuido*.” (*Ibidem*) Y continúa afirmando: “Por *intuición formal* se entiende una representación intuitiva determinada de ciertas características <<formales>>, o universales y necesarias, de los objetos en cuanto intuidos.” (*Ibidem*, p. 165) Independientemente de la caracterización anterior, lo que aquí nos interesa es resaltar el carácter no conceptual de toda intuición. Precisamente, como ya se mencionó, en la primera variación: “Intuiciones y conceptos”, Efraín Lazos (2014) lleva a cabo una revisión sustancial de este carácter específico de las intuiciones, es decir, su contenido no conceptual.

⁵⁴ El resaltado es nuestro. De esta afirmación, en parte, es como podremos identificar, sobre todo en la sección II.4, el por qué consideramos que la “intuición espacial se encuentra en la base de todos los conceptos de espacio” (ver a su vez el Apéndice A), ya que de una u otra forma, la intuición es un “medio” de todo pensar, y el pensar un objeto implica conceptualizarlo, a la vez de que todo acto de conceptualización implica un juicio sobre el objeto. Asimismo, un juicio está compuesto de conceptos, intuiciones y las funciones de unidad de los juicios (categorías). Ver el capítulo III.

⁵⁵ En uno de los pasajes más clarificadores de la *KrV*, Kant nos señala una diferencia fundamental entre intuiciones y conceptos: “El género es *representación* en general (*repräsentatio*). Bajo él está la representación como conciencia (*perceptio*). Una *percepción* que se refiere sólo al sujeto, como modificación del estado de él, es *sensación* (*sensatio*); una percepción objetiva es *conocimiento* (*cognitio*). Éste es o // bien *intuición*, o bien *concepto* (*intuitus vel conceptus*). Aquélla se refiere inmediatamente al objeto, y es singular; éste, mediatamente, por medio de una característica que puede ser común a muchas cosas. El concepto es, o bien *concepto empírico*, o bien *concepto puro*; y el concepto puro, en la medida en que tiene su origen solamente en el entendimiento (no en la imagen pura de la sensibilidad) se llama *notio*. Un concepto formado por nociones, que sobrepasa la posibilidad de la experiencia, es la *idea* o concepto de la razón.” <A320>[B377]

⁵⁶ *Cfr.* “Tenemos representaciones en nosotros, de las que también podemos llegar a ser conscientes. Pero por muy extendida que sea esa conciencia, y por muy exacta o puntual que sea, ellas seguirán siendo siempre sólo representaciones, es decir, determinaciones internas de nuestra mente, en esta o aquella relación de tiempo.”

Teniendo intuiciones es una de las formas primarias en las cuales la mente puede relatar a o estar consciente de objetos.”⁵⁸ (p. 14) Por lo que una intuición es “una forma directamente presente en la mente”, y a su vez, la intuición permite una representación inmediata del objeto. Sin embargo, no debe considerarse que una intuición adquiera el carácter de representación como concepto (representación de una representación). En Kant, el contenido no conceptual corresponde al de la intuición sensible, ya que la intuición es una especie de cognición no discursiva, más bien estética (sensible).

Entendemos que “toda intuición es la que permite la representación inmediata de algún objeto externo a la mente”, es decir, corresponde a un *medio* por el cual los objetos pueden ser representados. De aquí que, de ninguna forma, cualquier conceptualización del espacio y el tiempo (que son *a posteriori*), queda libre de apelar a la intuición. Además, por conceptualización nos estamos refiriendo al acto de formar un juicio acerca de los objetos, y tal que precisamente las intuiciones adquieren contenido conceptual (ver capítulo III). De nuevo, la intuición es un *medio*, una representación inmediata y singular, que una vez mediada por los conceptos puros del entendimiento (categorías), permite, a su vez, una representación estructurada y conceptualizada de todo objeto de experiencia⁵⁹, expresado en un juicio sobre cómo son las cosas⁶⁰.

Ahora bien, por sensibilidad⁶¹ (*Sinnlichkeit*) habrá que entender la capacidad receptiva del sujeto. Ésta fue definida en la *Dissertatio* como: “La receptividad de un

<A197>[B242] En un cierto sentido, Kant es un “representacionista”, como bien menciona A.B. Dickerson (2007): “Kant is a representationalist, by which I mean that he holds that the immediate objects of consciousness are internal representative states... For Kant our internal states constitute the *medium* of representation and to represent an object is to be aware of something *in* that medium.” (p. 5) Sólo habrá que aclarar que toda representación, como estado mental, no necesariamente representa algo.

⁵⁷ Cabe aclarar que no entendemos el concepto de <<idea>>, en relación con la intuición, a como Kant caracteriza a las <<ideas de la razón>>.

⁵⁸ “Intuition is as species of representation (*Vorstellung*) or, in the language of Descartes and Locke, idea. Having intuitions is one of the primary ways in which the mind can relate to or be conscious of objects.”

⁵⁹ En la sección II.4, se desarrolla más ampliamente el concepto de intuición.

⁶⁰ Finalmente, si quisiéramos establecer un esquema lógico sobre a lo que la intuición se refiere, sería éste: “El sujeto A percibe al objeto x”. En el acto de conceptualización ocurre que “El sujeto A percibe al objeto x como F” (ver Lazos (2014)).

⁶¹ Cabe aclarar aquí que no puede entenderse a la sensibilidad sólo en el nivel de la percepción, o como un “órgano biológico” propio de los seres humanos.

sujeto en virtud de la cual es posible, por su propio estado de representatividad del sujeto, ser afectado en forma definitiva por la presencia de algún objeto.” (Ak 2:392) Y ya en la Estética Trascendental Kant nos dice:

La capacidad (receptividad) de recibir representaciones gracias a la manera como somos afectados por objetos, se llama **sensibilidad**. Por medio de la sensibilidad, entonces, nos son *dados* objetos, y sólo ella nos suministra *intuiciones*; pero por medio del entendimiento ellos son *pensados*, y de él surgen *conceptos*. Todo pensar, empero, debe referirse en último término, sea directamente (*directe*) o por un rodeo, por medio de ciertas características, (*indirecte*), a intuiciones, y por tanto, en nuestro caso, a la sensibilidad; porque ningún objeto nos puede ser dado de otra manera. <A19>[B33]

La sensibilidad es una “facultad”, una capacidad propia que tenemos para ser afectados por los objetos, y a su vez, la “vía”, el medio por el que éstos nos son dados.

Asimismo, ¿qué es lo que, por medio de la sensibilidad, nos es dado, en el sentido de que los objetos nos afectan? Kant considera que la afección del objeto constituye un efecto, lo que él llama: sensación, esto es: “El efecto de un objeto sobre la capacidad representativa, en la medida en que somos afectados por él, es | *sensación*.” [B34]<A20> Como explica a su vez Howard Caygill (2009): “Es descrita como la ‘materia’ de las apariencias y distinguida de la percepción, la cual es sensación acompañada por consciencia, aunque también es ocasionalmente descrita como la ‘materia’ de la percepción.”⁶² (p. 362) Donde materia (Materie) ya ha sido definida en la *Dissertatio*. Aunque precisamente, en la *KrV*, el concepto de materia resulta ser más específico y se distingue de la sustancia, puesto que materia aquí no es más que un efecto.

⁶² “It is described as the ‘matter’ of appearance and distinguished from perception which is sensation accompanied by consciousness, although it too is occasionally described as the ‘matter’ of perception.”

A su vez, Kant entiende por intuición empírica a la intuición que se tiene de una sensación externa: “Aquella intuición que se refiere al objeto por medio de sensación se llama *empírica*.”⁶³ [B34]<A20> Y asimismo, el objeto, indeterminado, de este tipo de intuición, lo llama Kant: fenómeno, esto es: “El objeto indeterminado de una intuición empírica se llama *fenómeno*.” [B34]<A20> Y continúa Kant, en relación a las “partes” de un fenómeno: “En el fenómeno llamo *materia* de él a aquello que corresponde a la sensación; pero a aquello que hace que lo múltiple del fenómeno pueda ser ordenado en ciertas relaciones, lo llamo *forma* del fenómeno.” [B34]<A20> Finalmente, ya desde la *Dissertatio* Kant distingue entre fenómeno y noúmeno, de tal forma que uno está referido al mundo sensible y el otro al mundo inteligible, respectivamente, lo cual ha de seguir manteniendo en la *KrV*. En este sentido, al referirse la materia de un fenómeno a una sensación, es que su carácter ha de ser *a posteriori*, puesto que toda sensación está referida a la experiencia. De manera que, a su vez, cuando se hable de la forma de un fenómeno, se debe de separar ésta de la materia del fenómeno, pues la forma es ya “algo *a priori* en la mente”. Como menciona Kant: “La materia de todo fenómeno nos es dada, ciertamente, sólo *a posteriori*, pero la forma de todos ellos debe estar puesta *a priori* en la mente, y por eso debe ser considerada aparte de toda sensación.” [B34]<A20>

Posteriormente, Kant aclara lo que ha de entenderse por forma pura, desde el punto de vista de la filosofía trascendental, —separando, como ya se mencionó, a las formas puras de toda sensación, entendida ésta como “el efecto”, lo que nos afecta de un objeto—. De tal manera que éstas formas puras constituyen “representaciones de carácter general” donde “todo lo múltiple de los fenómenos es intuido en ciertas relaciones”, que se encuentran *a priori* en la mente, pues cabe señalar que: “Esa forma pura de la sensibilidad se llama también, ella misma, *intuición // pura*.” [B35] Kant distingue dos formas puras de la intuición sensible: el espacio y el tiempo.

⁶³ Si atendemos detenidamente a esta caracterización de “intuición empírica”, cabría aquí plantear la siguiente cuestión: ¿puede hablarse a su vez de una intuición intelectual?, la respuesta, si bien puede obtenerse de ciertos pasajes propios de la *KrV*, la iremos construyendo a lo largo de los siguientes capítulos, pues precisamente servirá como apoyo tanto a nuestra tesis de que “la intuición espacial se encuentra en la base de todas las geometrías”, como en el concepto de *a priori* constitutivo que estableceremos en la segunda parte. Asimismo, cabe distinguir entre, por ejemplo, intuición espacial pura e intuición espacial empírica. La primera es *a priori*, y está en la base de toda representación de espacio; la segunda puede que precisamente esté referida a la representación euclidiana del espacio, pero tiene que ver con la sensación, la materia de la sensibilidad.

Es por ello labor de una cierta disciplina encargarse de aislar los elementos, los principios de las “formas puras de la sensibilidad”. A esta disciplina Kant la llama Estética Trascendental, y tales formas puras de la intuición sensible son, como ya se mencionó: el espacio y el tiempo. Estas formas son *a priori*, y constituyen la “forma básica” de la sensibilidad, pero, en principio, son indeterminadas. Como veremos en el capítulo III: sólo a través del entendimiento es que adquieren una determinación estructurada, una “representación de una representación”, por algo resulta un tanto precipitado considerar que en la representación geométrica del espacio (intuición formal), por ejemplo, Kant sólo puede entenderse en términos de la geometría euclidiana⁶⁴.

Así, finalmente, aislar las formas puras y *a priori* de la intuición sensible es competencia de la Estética Trascendental. Referida a la “parte sensible del conocimiento humano”.

A una ciencia de todos los principios de la sensibilidad *a priori* la denomino *estética trascendental*...

| En la estética trascendental, pues, en primer lugar *aislaremos* la sensibilidad, separando todo lo que el entendimiento piensa con sus conceptos de ella, para que no quede nada más que la intuición empírica. En segundo lugar separaremos de ésta, todavía, todo lo que pertenece a la sensación, para que no quede nada más que intuición pura y la mera forma de los fenómenos, que es lo único que la sensibilidad puede suministrar *a priori*. Con esta investigación se hallará que hay, como principios del conocimiento *a priori*, dos formas puras de la intuición sensible, a saber, espacio y tiempo, en cuyo examen nos ocuparemos ahora. [B36]<A22>

El tratamiento de las dos formas puras de la intuición sensible: espacio y tiempo, lo lleva a cabo Kant en términos de lo que él llamó “Exposición Metafísica” y “Exposición Trascendental” del espacio y del tiempo.

⁶⁴ Esta afirmación está relacionada con diversas interpretaciones de la idealidad del espacio, en términos de que entienden que Kant postula que la “intuición espacial es euclidiana”. La intuición pura y *a priori*: el espacio, es *indeterminada*, adquiere cierta determinación por medio de la intuición empírica del espacio, que es *a posteriori*. Asimismo, la estructura espacial de una intuición formal, la da la geometría, cualquier geometría.

II.2. La Exposición Metafísica. (Sección primera de la estética trascendental. *Del espacio*).

Por medio del sentido externo
(una propiedad de nuestra mente)
nos representamos objetos como
fuera de nosotros, y a éstos todos
[nos los representamos] en el espacio.

[B37]

En la Exposición Metafísica del espacio (§ 2. *EXPOSICIÓN METAFÍSICA DE ESTE CONCEPTO*), dado que Kant pretende exponer la representación del concepto de espacio⁶⁵, en el sentido de una forma pura *a priori*, podríamos resumir, de entrada, que trata de exponer la “forma⁶⁶ y representación” del espacio en cuatro puntos fundamentales⁶⁷ (<A22>[B37]-<A25>[B40]), a saber:

- (1) El espacio no es un concepto empírico, su representación no es obtenida por experiencia externa.
- (2) El espacio corresponde a una representación necesaria, *a priori*, y está en la base de todas las intuiciones externas. El espacio es condición de posibilidad de los fenómenos.
- (3) El espacio es una intuición pura, no un concepto discursivo. El espacio es único, toda porción de espacio u otros distintos espacios, “presuponen necesariamente al espacio”.
- (4) La representación del espacio constituye una magnitud infinita *dada*.

Consideramos que en la Exposición Metafísica está la clave sobre la concepción kantiana de la naturaleza del espacio, y que permitirá desligar a ésta de

⁶⁵ “Entiendo por *exposición* (*expositio*) la representación distinta (aunque no detallada) de lo que pertenece a un concepto; la exposición es *metafísica* cuando contiene lo que representa al concepto como *dado a priori*.” [B38]

⁶⁶ Aquí hay que entender por forma lo dicho líneas arriba: “representaciones de carácter general”.

⁶⁷ Henry Allison (1992), por ejemplo, considera que los dos primeros puntos constituyen dos pruebas distintas sobre el carácter *a priori* del espacio. A diferencia de dicho autor, en la lectura de Efraín Lazos (2014), el punto básico de la exposición metafísica corresponde precisamente al carácter *a priori* del espacio, del que se derivan, simultáneamente, tanto su idealidad como su subjetividad.

su teoría de la geometría, en cuanto a que su concepción sobre la naturaleza del espacio no depende de su concepción sobre la geometría (ver siguiente sección); pretendemos, por ello, realizar una reconstrucción de dicho argumento. En atención a lo anterior, en esta parte seguimos la interpretación de Efraín Lazos (2014), el cual considera que en la Exposición Metafísica, el argumento clave posee la estructura de una *reductio*, un dilema destructivo, y tal que puede presentarse en términos de las premisas siguientes (p. 78)⁶⁸:

E1. El espacio es, o bien a) una sustancia, una cosa autosubsistente, o bien b) una relación entre sustancias, entre cosas autosubsistentes, o bien c) una condición subjetiva de representación de los objetos de experiencia.

E2. Si el espacio fuera una sustancia (a), o una relación entre sustancias (b), entonces obtendríamos la representación de espacio mediante la experiencia. Pero,

E3. El espacio es *a priori* y no discursivo; por lo que

E4. No podemos obtener la representación del espacio a través de la experiencia.

Por lo tanto,

EC1. E1a y E1b son falsas, el espacio no es una sustancia ni una relación entre sustancias, y

EC2. EC1 es verdadera, el espacio es una forma subjetiva de representación.

El argumento de Kant, contenido en la premisa E1, está relacionado con las dos teorías existentes en su tiempo sobre la naturaleza del espacio, la newtoniana y

⁶⁸ El autor desarrolla sus argumentos alrededor de lo que él llama “la amenaza del idealismo”, referida a una manera de comprender la contribución de las intuiciones humanas al conocimiento de la realidad empírica; problema a su vez que está vinculado con dos tesis kantianas: (1) la tesis de la humildad, la imposibilidad de conocer las cosas en sí mismas y; (2) la tesis de la receptividad, el hecho de que sólo podemos conocer un objeto en la medida que nos afecta. Si bien, el tratamiento resulta importante, lo que nos interesa es precisamente cómo la estructura del argumento, planteada por el autor, nos conduce a identificar que tanto el espacio como el tiempo pueden entenderse como órdenes presentacionales, y tal que, kantianamente, la espacialidad y la temporalidad sólo tendrán valor objetivo para los objetos dados en la intuición.

la leibniziana (ver Alexander (1982)). Kant mismo hace referencia a dichas teorías <A22>[B38]:

Ahora bien, ¿qué son el espacio y el tiempo? ¿Son entes efectivamente reales? ¿Son sólo determinaciones o relaciones de las cosas, pero tales, que les corresponderían a éstas también en sí mismas, aunque no fueran intuitas? ¿O son [determinaciones o relaciones] tales, que sólo son inherentes a la mera forma de la intuición, y por tanto, a // la constitución subjetiva de nuestra mente, [constitución] sin la cual estos predicados no podrían ser atribuidos a cosa alguna?

De una u otra forma, las características de cada teoría ya han sido señaladas en el capítulo anterior, aunque caben aquí algunas precisiones sobre cada una, incluyendo la que ahora nos compete, la kantiana:

- (a) La posición de Newton ha sido llamada substancialista. Entiende al espacio como una entidad real, que subsiste por sí misma, es decir, independiente de los cuerpos. Por algo, el espacio de Newton es absoluto, en el entendido de que dicho espacio existe aún y en ausencia de los cuerpos. Pero asimismo, los cuerpos existen *dentro* del espacio, y éste es matemáticamente cuantificable.
- (b) La posición de Leibniz se ha dado en llamar relacionista. El espacio sería algo así como una abstracción de cierto orden entre los objetos. Para Leibniz, los cuerpos y el espacio no son metafísicamente distintos, como en Newton; el espacio de Leibniz es un sistema abstracto de relaciones, y los cuerpos son sustancias físicas que mantienen relaciones de coexistencia entre sí.
- (c) Para Kant, el espacio es una condición subjetiva de representación de los objetos. Es decir, el espacio es una de las maneras en las que a nosotros se nos presentan las cosas. Sin embargo, el que el espacio sea subjetivo, no implica que de éste se pueda explicar cómo están ordenados los cuerpos. Por tanto, la subjetividad del espacio supone que el mundo es espacial, por lo que el orden espacial del mundo resulta ser algo que nosotros podemos conocer (Lazos (2014)).

De todo lo anterior, Kant toma distancia de Newton y Leibniz, y habría de decir que la teoría kantiana del espacio tiene como base que éste es *a priori*, y de aquí

llega a fundamentarse, simultáneamente, tanto su idealidad como su subjetividad. Veamos en detalle esto último.

Resulta interesante señalar el hecho de que muchos intérpretes de Kant han visto, o han querido ver, que el argumento sobre la naturaleza del espacio está directamente vinculado a su teoría de la geometría (ver por ejemplo: Guyer (1987)). Como puede verse en la estructura del argumento, no hay ninguna referencia a la geometría. Mencionamos lo anterior dado que la premisa E2 está relacionada con lo que sería “el espacio y su representación”, si suponemos que el espacio fuera un “objeto externo” (newtonianos) o una “abstracción de las relaciones entre objetos” (leibnizianos). Aunque cualquiera de las dos teorías mencionadas supondría a su vez que la representación del espacio nos es dada por medio de la experiencia, y sólo podríamos obtener dicha representación a partir de una generalización de las relaciones espaciales, de aquí se sustenta directamente que se tenga que apelar a la geometría. Kant mismo argumenta sobre el espacio y su representación en la primera tesis de la exposición metafísica:

1) El espacio no es un concepto empírico que haya sido extraído de experiencias externas. Pues para que ciertas sensaciones sean referidas a algo fuera de mí (es decir, a algo [que está] en otro lugar del espacio que aquel en que yo estoy), y también para que yo pueda representármelas como contiguas y exteriores las unas a las otras, y por tanto, no solo como diferentes, sino como [situadas] en diferentes lugares, para ello debe estar ya en el fundamento la representación del espacio. En consecuencia, la representación del espacio no puede ser obtenida por experiencia a partir de las relaciones del fenómeno externo, sino que esta experiencia externa es, ante todo, posible ella misma sólo mediante la mencionada representación.
<A23>[B38]

Parte de la esencia del argumento se encuentra en la condición de que el espacio debe presuponerse, en atención a la posibilidad de poder referir mis sensaciones a algo fuera de mí (*außer mir*). “La idea es que, para poder representar sensaciones localizadas en el espacio, i.e., para discriminar espacialmente, debe presuponerse la distinción entre lo que está fuera en el espacio y lo que pertenece al

sujeto de la experiencia.” (Lazos 2014, p.83) ¿Cómo puede lograrse esto? Dado que las sensaciones son los *relata* de la discriminación espacial, éstas sólo podrían ser ordenadas en algo que a su vez no puede ser sensación (ver sección II.1.1). Para detectar relaciones espaciales, entre lo dado a la intuición (sensaciones), precisamente lo dado debe presentárenos en un *orden*, en una *posición* espacial. “Para Kant, el orden es anterior a las relaciones espaciales.” (*Íbidem*, p. 86)

De todo lo anterior, cabe aquí resaltar dos aspectos: 1) en lo referente al espacio: “sin orden no hay sensaciones” y; 2) si el espacio fuera una representación que adquirimos por la experiencia, entonces no podríamos discriminar relaciones espaciales. Con ello, estaríamos dirigiéndonos a la segunda tesis de Kant, sobre el carácter *a priori* del espacio:

2) El espacio es una representación *a priori* necesaria que sirve de fundamento de todas las intuiciones externas. Nunca puede uno hacerse una representación de que no haya espacio, aunque sí se puede pensar muy bien que no se encuentre en él objeto // alguno. Por consiguiente, [el espacio] es considerado como la condición de posibilidad de los fenómenos, y no como una determinación dependiente de ellos, y es una representación *a priori*, que necesariamente sirve de fundamento de los fenómenos externos. <A24>[B39]

Aunque, detengámonos por un momento. La cita anterior tiene que ver con el punto 2) que señalamos anteriormente, el carácter *a priori* del espacio, tesis fundamental de la Exposición Metafísica (primera parte de la premisa E3). Y con respecto al punto 1) en relación con el espacio: “sin orden no hay sensaciones”. Si el orden debe ser anterior a las sensaciones, entonces cabría aquí preguntarnos qué tipo de orden es necesario para poder discriminar sensaciones.

Podría pensarse que para discriminar sólo hace falta contar con un orden comparativo, en el que es posible distinguir los elementos bajo ciertas propiedades, es decir, los elementos están ordenados en atención a éstas. Sin embargo, no todo orden es comparativo. Cuando vemos un conjunto de elementos ordenados arbitrariamente, sin atender a las propiedades de dichos elementos, el orden no es comparativo, es más bien: convencional, arbitrario.

Distinto del convencional y del comparativo es lo que se ha llamado el orden presentacional... Lo que determina el orden presentacional —lo que lo hace no ser arbitrario— es que los elementos se presentan en una posición específica ante un observador que a su vez tiene una posición determinada con respecto a los elementos en un mismo plano o marco. En el orden presentacional —lo que no sucede con el convencional ni con el comparativo—, el observador (el encargado de la tarea de detectar relaciones) es parte del orden mismo. Kant ofrece dos ejemplos destacados de orden presentacional: el espacio y el tiempo. (Lazos 2014, p. 86-7)

En este sentido, la interpretación del autor nos proporciona un elemento clave: entender al espacio como un orden presentacional, el cual supone la presencia de un observador que es parte del mismo orden. Remitiéndonos a lo tratado líneas arriba en la primera tesis de Kant, es necesario presuponer al espacio para poder referir sensaciones a algo fuera de mí, para representar relaciones, y de aquí puede ya ligarse tal hecho con la segunda tesis: al ser necesario un orden espacial para representar sensaciones, se puede identificar que dicho orden espacial es *a priori* (primera parte de la premisa E3). Así, el espacio es un orden presentacional, necesario para llevar a cabo la experiencia de objetos, y tal orden es *a priori*. La conclusión anterior corresponde a la primera parte de la premisa E3 de la *reductio*.

Podemos aquí plantear la siguiente cuestión: ¿puede tener sustento el cómo se ha interpretado a Kant en términos de que sólo tiene en mente a la geometría euclidiana, y que sus argumentos dependen de dicha disciplina, cuando para nada se remite a la geometría? No hay elementos para creer que es así, puesto que en la Exposición Metafísica se está estableciendo una condición ontológica del espacio, no su carácter de <<representación estructurada>>. Lo que en esta exposición se establece es su carácter de intuición pura *a priori*, y asimismo: su idealidad y subjetividad.

La segunda parte de la premisa E3, corresponde a la condición no discursiva del espacio. La característica anterior del espacio está contenida en la tercera tesis de Kant: “3) El espacio no es un concepto discursivo, o, como se suele decir, universal,

de relaciones de las cosas | en general; sino una intuición pura.” <A25>[B39] Cuando la actividad conceptual “entra en acción”, es posible detectar, discriminar a los particulares a partir de todo aquello que tienen en común; en la intuición, sólo se presentan dichos particulares. El espacio no es un concepto porque si lo fuera, todas sus partes serían precedentes al todo:

En primer lugar, uno puede representarse sólo un único espacio; y cuando se habla de muchos espacios, se entiende por ellos sólo partes de uno y el mismo espacio único. Y estas partes tampoco pueden preceder al espacio único omniabarcador, como si fueran elementos de él (a partir de los cuales fuese posible la composición de él); sino que sólo *en él* pueden ser pensadas. Él es esencialmente único; lo múltiple en él, y por tanto, también el concepto universal de espacios en general, se basa simplemente en limitaciones. De aquí se sigue que, con respecto a él, una intuición *a priori* (que no es empírica) sirve de fundamento de todos los conceptos de él. <A25>[B39]

Esta larga cita contiene varios puntos básicos: 1) el espacio es no discursivo, por tanto no es un concepto; 2) no es un concepto porque es único, lo múltiple en el espacio sólo se basa en limitaciones; 3) una intuición *a priori*, no empírica, sirve de fundamento de todos los conceptos de espacio. Si el espacio es un orden de presentación, como ya se ha señalado, éste debe “estar en su sitio para poder representar espacios particulares”. Pero a su vez, el espacio no es un concepto, porque si lo fuera representaría lo que es común a una multiplicidad de representaciones, y cada representación subsumiría al concepto de espacio. Kant ya afirmó la unicidad del espacio, por tanto, esto nos conduce a que no es posible considerarlo como concepto⁶⁹.

Lo tratado hasta el momento, se remite a las dos tesis centrales del argumento de la Exposición Metafísica: la naturaleza *a priori* y no discursiva del espacio, que en la estructura de la *reductio* corresponde a la premisa E3.

⁶⁹ Como puede verse, el argumento de Kant gira en términos de la diferencia entre intuición (*Anschauung*) y concepto (*Begriff*), para concluir que el espacio es una intuición pura, *a priori*.

Ahora bien, si el espacio es *a priori*, ¿puede obtenerse la representación del espacio a través de la experiencia (premisa E4)? El espacio es el “orden de la experiencia” porque permite ordenar los objetos, pero no es un orden empírico, si lo fuera debería ser tratado como “un objeto que puede ser intuido”. El espacio no es un objeto⁷⁰, si fuera el caso, ¿cómo es que podríamos discriminar entre particulares?, ¿cómo se nos podrían presentar dichos particulares? “En consecuencia, la representación del espacio no puede ser obtenida por experiencia a partir de las relaciones del fenómeno externo, sino que esta experiencia externa es, ante todo, posible ella misma sólo mediante la mencionada representación.” [B38] De nuevo: el espacio es *a priori*. De aquí, remitiéndonos a la premisa E4 de la *reductio*: “No podemos obtener la representación del espacio a través de la experiencia.” Por tanto, el espacio no puede ser una substancia ni una relación entre substancias. Es decir, se deriva la idealidad del espacio: “La idealidad es, entonces, la tesis de que el espacio no es una cosa ni una relación entre las cosas.” (Lazos 2014, p. 97-8) (Primera conclusión, premisa EC1) El mismo Kant define la idealidad del espacio en la sección “Conclusiones a partir de los conceptos precedentes”:

Afirmamos, por tanto, la *realidad empírica* del espacio (con respecto a toda posible experiencia externa), aunque a la vez la *idealidad trascendental* de él, es decir, que [él] no es nada, tan pronto como suprimimos la condición de la posibilidad de toda experiencia y lo tomamos como algo que sirve de fundamento de las cosas en sí mismas. <A28>[B44]

Se afirma la idealidad del espacio, esto es, que el espacio no es una substancia, ni una relación entre substancias, dado que su representación no se obtiene por la experiencia (en relación con la premisa E4). ¿Qué queda como naturaleza de éste? Dado que todo objeto de percepción, se le presenta a un

⁷⁰ En este punto están contenidos dos posibles críticas a Kant, como bien señala el autor (Lazos 2014): el problema de la no espacialidad de las cosas en sí mismas, y el problema de la alternativa ignorada (el que el espacio pueda ser una propiedad de las cosas al margen de la experiencia humana). Ambas tesis son tratadas por el autor, en tanto que dada la condición *a priori* del espacio, se sigue la subjetividad y la idealidad del espacio, es decir, se descarta el que las cosas en sí sean no espaciales (tesis relacionada con la humildad kantiana); y el que el espacio sea una propiedad de las cosas (tesis relacionada con las alternativas newtoniana y leibniziana de la naturaleza del espacio).

observador en una posición específica (orden presentacional), pero a su vez, la espacialidad no es algo que el objeto mismo aporte, si no se obtendría la representación del espacio a partir de la experiencia (contra su carácter *a priori*), entonces, se concluye, simultáneamente con la idealidad del espacio (premisa EC1), que el espacio es una condición subjetiva, es decir, la subjetividad del espacio de representación de los objetos (premisa EC2). Como menciona puntualmente el autor: “La tesis de la subjetividad, pues, propone que el espacio es un orden de presentación característicamente humano⁷¹, que funciona como condición para la ubicación de los particulares en la percepción.” (Lazos 2014, p. 101) Cabe aclarar que no es que el orden de presentación, condición subjetiva del espacio, ponga, cree la ubicación de los objetos, tal ubicación la pone el mundo. Los objetos se nos presentan ubicados en una posición, pero para poder ubicar a dichos objetos, es necesario un orden, el espacio, que es *a priori*.

Hasta aquí, un diagnóstico conciso de la Exposición Metafísica, nos conduciría a identificar que en ésta, Kant supone que el “mundo es espacial”, y que el orden espacial del mundo puede conocerse, de ahí que, al seguir la interpretación de Efraín Lazos (2014), es que podemos entender que en tal parte de la *KrV*, Kant se pregunta: ¿cómo es posible conocer el orden espacial del mundo? Por algo la conclusión del argumento: es posible dado que existe un orden presentacional, *a priori*, que permite ubicar los particulares en la experiencia, el espacio, pero éste no es generador de la ubicación específica de tales particulares.

En conclusión, en la Exposición Metafísica del espacio:

- (1) Se muestra la condición del espacio como intuición *a priori*.
- (2) El espacio es un orden presentacional que permite la ubicación de los particulares, pero que no genera dicha ubicación.
- (3) El espacio es no discursivo, es decir, una intuición, no un concepto.
- (4) Se derivan simultáneamente la idealidad y la subjetividad del espacio a partir de su condición *a priori*.

⁷¹ Cfr. “Por lo tanto, la esencia de la primera tesis es que la representación del espacio es la condición o presuposición del conocimiento humano de objetos como distintos del yo y sus estados, pero no lo es para todo tipo concebible de conocimiento.” (Allison 1992, p. 145)

Podemos decir que para Kant, el espacio es un fundamento de la experiencia humana, y a su vez, de la configuración de objetos, pero no determina a todo fenómeno en apego a una única intuición formal espacial⁷². Por lo que finalmente, desde esta segunda tesis, podemos plantear que en toda nuestra investigación nos habremos de separar de cualquier línea de interpretación ya sea logicista o psicologista de la epistemología kantiana. Esta investigación, como se ha mencionado, considera que en la *KrV* existen los elementos suficientes para fundamentar que la epistemología kantiana, en cuanto a espacio, tiempo, objeto y experiencia, posee cierta vigencia en el marco de la teoría de la relatividad, vía las consecuencias filosóficas de ésta.

Como Kant ya tuvo oportunidad de afirmar en una obra previa a la *KrV*: “El espacio *a priori* <<no es nada en sí>>, ni es un objeto (Objekt), sino que significa <<aquel que es presupuesto por cualquier otro espacio relativo que yo puedo pensar como exterior al espacio que me es dado y que retrotraigo indefinidamente más allá de todo espacio que nos sea dado y al que comprende.>>” (*Ak.*, IV, 481, 23-37) ¿Aquel que es presupuesto por cualquier otro espacio relativo...? El espacio es *a priori*, pero no es objeto, es decir, por su carácter de intuición pura *a priori*, no constituye un “ente del mundo” (idealidad del espacio). Lo que podría llamarse, una conceptualización del espacio, descansa sobre la base de una intuición pura: el espacio, la cual es *a priori*⁷³, y asimismo, es un orden de presentación. Cualquier

⁷² Cabe aquí señalar una de las objeciones de Paul Guyer (1987) en relación con su crítica de la <<falacia modal>> de la no espacialidad de las cosas en sí mismas, y su relación con lo *a priori*. Charles Parsons (2009) sintetiza fielmente los argumentos de Guyer, pues identifica que Guyer considera que para Kant la necesidad de la espacialidad de los objetos y su conformidad con las leyes de la geometría <<es absoluta>>. Así, en Guyer pueden identificarse dos argumentos:

(1) Necesariamente, si nosotros percibimos un objeto x, entonces x es espacial y euclidiano; pero también

(2) Si nosotros percibimos un objeto x, entonces necesariamente, x es espacial y euclidiano.

Si hay una condición para la naturaleza de los objetos, entonces no debe haber una restricción para que los objetos puedan ser percibidos, lo que conduce a Guyer a afirmar que por algo Kant tuvo que concluir que “la forma espacial es impuesta sobre el objeto por nosotros”. Aunque los argumentos de Guyer contienen muchos más elementos dignos de traerse a colación, como ya se ha dicho, nuestra línea de interpretación difiere de la suya. Asimismo, Efraín Lazos (2014) hace una revisión de la postura de Guyer, identificando algunos puntos donde dicha postura no se sostiene.

⁷³ *Cfr.* “A pesar de que Kant no lo explica, es precisamente la precedencia de la intuición sobre todos los conceptos de espacio lo que proporciona las bases para sostener la tesis de la a prioridad. Así pues, aun en la <<Estética trascendental>>, la cual está dedicada explícitamente a la consideración de las condiciones sensibles

conceptualización del espacio ó cada conceptualización del espacio (euclidiano, no-euclidiano...) *habla* del mismo espacio.

La representación original del espacio es intuición pura *a priori*, y no concepto; toda representación que involucre a un concepto específico de espacio, conlleva la intuición original del espacio. Lo verdaderamente interesante hasta aquí, es que en la Exposición Metafísica Kant da argumentos en torno a la naturaleza del espacio, a su carácter ontológico, tal que puede inferirse que, incluso, entiende al espacio como “algo inmanente” a cualquier conceptualización, sea ésta euclidiana o no, lo que nos ha conducido a identificar que el espacio, representativa y formalmente hablando, acepta distintas estructuras (euclidiana o no euclidiana).

II.3 La Exposición Trascendental. La geometría como ejemplo de una ciencia que establece una representación estructurada del espacio.

El conocimiento *filosófico* es el *conocimiento racional* por *conceptos*; el matemático [es el conocimiento] por *construcción* de los conceptos.

<A713>[B741]

Kant nos dice al inicio del § 3 de la Estética Trascendental (§ 3. *EXPOSICIÓN TRASCENDENTAL DEL CONCEPTO DE ESPACIO*): “Entiendo por *exposición trascendental* la explicación de un concepto como principio a partir del cual puede ser entendida la posibilidad de otros conocimientos sintéticos *a priori*.” [B40] De manera que, en principio, en la Exposición Trascendental Kant trata de mostrar que la geometría constituye un ejemplo de una ciencia que establece una conceptualización del espacio, configurando un cuerpo de conocimientos sintéticos *a priori*. De aquí que, siguiendo el orden de los argumentos de Kant, para llevar a cabo tal empresa, “se requiere 1) que tales conocimientos procedan efectivamente del concepto dado; 2) que esos conocimientos sean posibles sólo bajo la presuposición de una manera dada de explicar ese concepto.” [B40]

del conocimiento humano, Kant no niega el papel de la conceptualización en la representación del espacio.” (Allison 1992, p. 156)

Por algo, Kant toma aquí el ejemplo de la geometría, es decir, sólo “intenta mostrar que el espacio como forma *a priori* de intuición, es una condición necesaria y suficiente para hacer juicios en geometría que sean sintéticos *a priori*.”⁷⁴ (Hartnack 2006, p.30) Como menciona Lorne Falkenstein (2010): “La exposición trascendental se centra en lo que sabemos acerca del espacio y el tiempo —conocimiento que, en el caso del espacio, es claramente extensivo y codificado en los principios de la geometría.”⁷⁵ (p. 146)

De una u otra forma, Kant hubo de apoyarse en el “paradigma de las ciencias de su tiempo”⁷⁶ para fundamentar sus ideas en esta parte de la Estética Trascendental, sin embargo, eso no puede implicar que la teoría de la idealidad del espacio dependa del carácter de la geometría euclidiana (ver la sección anterior). Como bien menciona Jaakko Hintikka (1998): “El paradigma más obvio y de hecho un paradigma reconocido por Kant mismo fue el sistema euclidiano de la geometría elemental.” (p. 166) De aquí que es legítimo interpretar que Kant sólo recurre a la geometría para ejemplificar sus ideas; es decir, no puede considerarse que dichas ideas han de depender del carácter de la geometría, sino que Kant entiende a la geometría como una ciencia que construye un conocimiento a partir de un principio, de una representación y/o concepto de espacio, así lo muestra en el desenvolvimiento de sus argumentos:

La geometría es una ciencia que determina sintéticamente, y sin embargo *a priori*, las propiedades del espacio. ¿Qué debe ser la representación del espacio, para que sea posible tal conocimiento de él? Él debe ser originariamente intuición; pues de un // mero concepto no se pueden extraer proposiciones que vayan más allá del concepto, lo cual, empero, ocurre en la geometría (Introducción, V). Pero esta intuición debe encontrarse en nosotros *a priori*, es decir, antes de toda percepción de un objeto; y

⁷⁴ Si bien es cierto, este tipo de interpretación ha sido bastante aceptada por intérpretes y críticos de Kant, llega a presentar diversas controversias, como veremos más adelante, debido principalmente a cómo algunos críticos, como los positivistas lógicos, han “evaluado” las tesis kantianas, a la luz de las geometrías no euclidianas.

⁷⁵ “The transcendental exposition focuses on what we know about space and time —knowledge that, in the case of space, is quite extensive and codified in the principles of geometry.”

⁷⁶ Ver Friedman (1992).

por tanto debe ser intuición pura, no empírica.⁷⁷ Pues las proposiciones geométricas son todas apodícticas⁷⁸, es decir, están enlazadas con la conciencia de su necesidad, p. ej. el espacio tiene sólo tres dimensiones; pero tales proposiciones no pueden ser juicios empíricos o juicios de experiencia, ni pueden ser deducidas de éstos (Introducción, II).⁷⁹ [B41]

Es claro que, sólo si el espacio se entiende como una forma de intuición *a priori*, ya mostrado en la Exposición Metafísica, es posible el hecho de hacer juicios sobre el espacio, los cuales han de ser sintéticos y *a priori*, como es el caso de los juicios de la geometría (euclidiana). De ahí que el propósito de la Exposición Trascendental es mostrar la posibilidad de un cuerpo de conocimientos que establezcan una representación estructurada del espacio, en tanto que dicho cuerpo de conocimientos sea sintético y *a priori*. Esto es: “Kant nos dice que el propósito de tal Exposición es mostrar cómo un concepto (representación) puede funcionar como un principio mediante el cual se puede explicar un cuerpo de conocimiento sintético *a priori*.” (Allison 1992, p. 166) Por lo que Kant muestra que dicho conocimiento ha de surgir del concepto dado (el espacio), y a su vez, esto será posible sólo si tal conocimiento se lleva a cabo mediante una forma específica de explicación de dicho conocimiento⁸⁰.

⁷⁷ Claramente, al referirse al espacio, Kant está haciendo la distinción entre intuición pura e intuición empírica. Una es *a priori*, la otra *a posteriori*. La intuición empírica se encuentra en el terreno de la percepción, y en parte, está relacionada, representativamente, con la geometría euclidiana, que ofrece precisamente una representación estructurada del espacio, aunque dicha representación no puede necesariamente ser única.

⁷⁸ Cabe aquí plantear la cuestión: ¿si las proposiciones de la geometría euclidiana no son apodícticas, las proposiciones de las geometrías no euclidianas tampoco lo son?, a su vez: ¿existen geometrías, y finalmente, sistemas matemáticos, cuyas proposiciones no sean apodícticas, cuando en esencia son lógicamente consistentes?

⁷⁹ Muchas de las críticas a Kant, con respecto a su teoría de la matemática y la geometría, se enfrasan en mostrar que los argumentos contenidos en esta parte de la Exposición Trascendental, no se sostienen. *Cfr.* “El presente escrito muestra que Kant no tenía razón al afirmar que los axiomas de la geometría son juicios sintéticos *a priori*, tesis que constituye un punto fundamental de partida en la elaboración de su propuesta epistemológica y en su reflexión filosófica sobre el espacio y la geometría euclidiana. La tesis falla en dos puntos: uno, al afirmar que los axiomas de la geometría tienen una validez apodíctica; y dos, al implicar que el conocimiento de la estructura espacial del mundo se obtiene de forma *a priori*, independientemente de la observación y la experiencia. La aparición de las geometrías no euclidianas refuta la primera parte de la tesis y deja en vilo a la segunda; y, finalmente, la segunda parte de la tesis se va al traste con la teoría general de la relatividad de Einstein.” (Guerrero 2005, p. 31) Es notable la variedad líneas de argumentación de dichas críticas, pues van desde sus primeros lectores, contemporáneos a Kant, pasando por Russell y los positivistas lógicos, entre otros de diversas tendencias teóricas.

⁸⁰ En este sentido, la construcción de un concepto en matemáticas, se lleva a cabo mediante la exposición de una intuición *a priori* que le corresponde; lo que a su vez permite identificar que la teoría de la idealidad del espacio,

Además, en la cuestión hecha por Kant: “¿Qué debe ser la representación del espacio, para que sea posible tal conocimiento de él?” Sólo se refiere a la representación del espacio, no al espacio en sí mismo (entendido como entidad física), con lo que cabe aclarar aquí la no pertinencia de diversas interpretaciones, que conciben que Kant se refiere al espacio en íntima conjunción con la geometría euclidiana. Aunque si bien, los argumentos kantianos tienen que ver con la condición ontológica del espacio, que en Kant corresponde a su idealidad y subjetividad, derivadas de su condición de intuición pura *a priori*⁸¹, es propio ubicar a Kant, en principio, en el terreno meramente epistemológico, es decir, de aquello que posibilita un conocimiento.

Además, como se ha estado afirmando: hay que separar la tesis de la idealidad del espacio de Kant, que en la Exposición Metafísica y en las conclusiones se establece, de la tesis de la a prioridad sintética de la geometría; de tal manera que resulta inadecuado interpretar que a partir de la condición de la sinteticidad *a priori* de los juicios de la geometría (euclidiana), puede derivarse la tesis de la idealidad del espacio, pues dicha tesis es independiente del carácter de la geometría, de cualquier geometría⁸². Puede decirse que en cierto sentido, en la representación euclidiana del espacio (intuición formal), está “contenida” la intuición pura, y representada la intuición empírica. A pesar de que, con ello, pueda entenderse que precisamente la epistemología kantiana se “queda corta”, al no poderla extender al marco de las geometrías no euclidianas y la relatividad. Con lo que habrá de llevarse a cabo en los restantes capítulos, en cuanto a cómo se efectúa la constitución del objeto de experiencia (capítulo III) y el carácter de lo *a priori* constitutivo (capítulo IV), se ampliarán las posibilidades de aplicación del marco epistemológico kantiano a las

va de la Exposición Metafísica a la Exposición Trascendental, y es independiente del carácter de la geometría euclidiana. Puede verse el Apéndice A: “Sobre la idealidad del espacio en Kant y las geometrías no euclidianas.”

⁸¹ En términos generales, como ya se mencionó en la sección pasada: tres son las concepciones sobre el espacio que intentan dar cuenta de su condición ontológica; una corresponde a la newtoniana: el espacio es absoluto y sustancial; la condición relacional planteada por Leibniz: el espacio sólo corresponde a una condición situacional y relacional de los objetos; y la de Kant.

⁸² Ver Horstmann (1977).

demás geometrías, en contraposición a las diversas lecturas que afirman que dicho marco sólo es aplicable al caso de la geometría euclidiana y la física newtoniana⁸³.

Asimismo, Kant concluye el argumento de la Exposición Trascendental en términos de la tesis de la subjetividad del espacio, de manera que:

Ahora bien, ¿cómo puede estar en la mente una intuición externa, que precede a los objetos mismos, y en la cual puede ser determinado *a priori* el concepto de estos últimos? Manifiestamente, no de otra manera, sino en la medida en que ella tiene su sede meramente en el sujeto, como la constitución formal de éste, merced a la cual es afectado por objetos recibiendo por ello una *representación inmediata* de ellos, es decir, una *intuición*; por tanto, sólo como forma del sentido *externo* en general.

Por consiguiente, sólo nuestra explicación hace comprensible la *posibilidad de la geometría* como conocimiento sintético *a priori*⁸⁴. Toda manera de explicación que no suministre eso, aunque tenga, en apariencia, alguna semejanza con ella, puede distinguirse de ella por estos signos de la manera más segura. [B41]

Para Kant, a partir de sus argumentos es que puede derivarse la posibilidad de la geometría como un cuerpo de conocimientos sintéticos *a priori*. Así, en esta última parte de la Exposición Trascendental, Kant se acerca a la tesis de la idealidad del espacio, ya que afirma que el espacio constituye la forma del sentido externo, y a su vez, al ser el espacio una intuición pura *a priori*, fundamenta la posibilidad de la geometría como un cuerpo de conocimientos sintéticos *a priori*. Y con todo: “La idealidad trascendental del espacio, al igual que el carácter *a priori* e intuitivo de la representación, es solo una condición necesaria pero no suficiente de la geometría considerada como una ciencia sintética *a priori* del espacio.”⁸⁵ (Allison 1992, p. 168)

Finalmente, y para concluir la presente sección, habrá que retomar la tesis de la idealidad del espacio, que consideramos clave para la comprensión de la Estética

⁸³ De nuevo, para un tratamiento más amplio de esta problemática, puede verse el Apéndice A: “La idealidad del espacio en Kant y las geometrías no euclidianas.”

⁸⁴ Ver la siguiente sección, donde se establece el concepto de sintético *a priori*, en relación con la filosofía de las matemáticas de Kant.

⁸⁵ En este último sentido, y como veremos más detalladamente en el capítulo IV, resulta inadecuado evaluar los argumentos de Kant a la luz de las geometrías no euclidianas. El punto nodal aquí estriba en mostrar que la tesis sobre la idealidad del espacio es independiente de cualquier apelación a la geometría.

Trascendental, dicha tesis se desarrolla en la última parte del § 3, *CONCLUSIONES A PARTIR DE LOS CONCEPTOS PRECEDENTES*.

En las conclusiones Kant postula dos argumentos en torno al contenido de las representaciones del espacio, para llegar a afirmar que el espacio es <<empíricamente real y trascendentalmente ideal>>, es decir, desarrolla sus tesis sobre la idealidad del espacio. Así, en la primera conclusión Kant afirma:

a) El espacio no representa ninguna propiedad de cosas en sí, ni [las representa] a ellas en la relación que tienen entre ellas, es decir, [no representa] ninguna determinación de ellas que sea inherente a los objetos mismos, y que subsista aunque se haga abstracción de todas las condiciones subjetivas de la intuición. Pues ni las determinaciones absolutas ni las relativas pueden ser intuitas antes de la existencia de las cosas a las que les corresponden, y por tanto no pueden ser intuitas *a priori*. <A26>[B42]

En esta conclusión Kant introduce la idea de <<cosas en sí>>⁸⁶, a reserva de las posibles ambigüedades y/o confusiones que pueda representar esta idea, es claro que ha de entenderse cosa en sí en sentido trascendental, pues del argumento mismo se infiere que Kant está afirmando que <<nada puede ser intuito *a priori*>>, sin considerar la existencia de las cosas a las que se ha de referir dicha intuición.⁸⁷ Finalmente, lo importante de esta primera conclusión es que Kant está postulando la imposibilidad del conocimiento de las cosas en sí (humildad epistemológica).

Ahora bien, la segunda conclusión versa como sigue:

b) El espacio no es nada más que la mera forma de todos los fenómenos de los sentidos externos, es decir, la condición subjetiva de la sensibilidad, sólo bajo la cual es posible para nosotros la intuición externa. Ahora bien, como la receptividad del sujeto para ser afectado por objetos necesariamente precede a todas las intuiciones

⁸⁶ Precisamente, la lectura de Efraín Lazos (2014) lidia con ciertas problemáticas relacionadas con esta parte de la Estética Trascendental, en el sentido de las lecturas, que como la de Jacobi, ven en la teoría de que el conocimiento humano es afectivo (las cosas nos afectan), y la doctrina de la cosa en sí, una cierta contradicción.

⁸⁷ *Cfr.* “Thus the thing-in-itself cannot be known since knowledge is limited to possible experience, but it can be thought, provided that it satisfies the condition of a possible thought which is not to be self-contradictory.” (Caygill 2009, p. 393)

de esos objetos, se puede entender cómo la forma de todos los fenómenos puede estar dada en la mente antes de todas las percepciones efectivamente reales, y por tanto, *a priori*, y cómo ella, siendo una intuición pura en la que todos los objetos deben ser determinados, puede contener, antes de toda experiencia, principios de las relaciones de ellos. <A26>[B42]

Esta última conclusión nos habla del contenido de la representación del espacio, como condición subjetiva de la sensibilidad, es decir, la forma de los fenómenos espaciales externos está dada en la mente, corresponde al espacio, y es por tanto *a priori*, con lo que se llega a dar pauta a la siguiente afirmación de Kant:

Según esto, sólo desde el punto de vista de un ser humano podemos hablar de espacio, de entes extensos, etc. Si prescindimos de la condición subjetiva, sólo bajo la cual podemos recibir intuición externa (a saber, así como seamos afectados por los objetos), entonces la representación del // espacio no significa nada. Este predicado se atribuye a las cosas sólo en la medida en que se nos aparecen, es decir, [en la medida] en que son objetos de la sensibilidad. [B43]<A27>

Por algo, ya desde aquí se está dando el camino para la tesis de la idealidad del espacio, en conjunción con la tesis de la subjetividad (ver sección anterior). Hablar de representación del espacio, en el sentido de condición de los fenómenos, implica referirse a las cosas como objetos de una posible experiencia. Ahora bien, si el espacio, desde su idealidad y subjetividad, corresponde a una condición *a priori* de los fenómenos, y por tanto, de la constitución de objetos de experiencia, ¿por qué es posible tener experiencias espaciales tanto en el marco espacio-temporal de la geometría euclidiana y la física newtoniana, como en el de la relatividad y las geometrías no euclidianas?, ¿será porque, como hemos visto, el espacio es a su vez, un orden de presentación?

En la representación del espacio, lo que es representado es meramente la condición subjetiva de la sensibilidad, la cual constituye una <<representación en la experiencia>>, una afirmación de la <<realidad empírica del espacio>>, mas no su

<<realidad trascendental>>, por lo que, la posible representación del espacio por medio de los sentidos: vista, oídos, tacto..., no corresponde a una “representación completa” de lo sensible en la experiencia del espacio, por algo se parte de una generalización, en un modelo de geometría. Es un error entender que Kant postula implícitamente que el espacio euclidiano corresponde a la única posibilidad de representación del espacio. Entender a Kant en estos términos sería una interpretación anodina, y que limita los alcances de su epistemología, pues “compromete” a Kant con un único marco conceptual y epistémico, el de la geometría euclidiana y la física de Newton.

Por tanto, el espacio, en términos kantianos, funciona como una forma, como una condición de toda experiencia externa. A su vez, el espacio, al ser una intuición pura *a priori*, un orden de presentación, no llega a pertenecer al <<universo>> de las cosas en sí⁸⁸, sino sólo a todo aquello que es sujeto de una experiencia.

De una u otra manera, consideramos que hasta aquí se han dado argumentos para considerar que si bien el espacio “pertenece” al universo de los “objetos de la realidad”, y a su vez: a una *representación* de cómo éstos han de ubicarse, sólo por nuestra facultad propia de representárnoslos, el espacio resulta ser trascendentalmente ideal, a la par de que la representación del espacio puede llevarse a cabo a través de cualquier geometría, dígame euclidiana o no euclidiana, y aún así: dicha representación posibilita la experiencia de un objeto a partir de principios *a priori*.

La teoría de la idealidad del espacio es independiente de “toda suposición de que dicha teoría está basada en la naturaleza de la geometría”. En este sentido, la geometría euclidiana sólo ofrece una representación estructurada, entre otras que existen, del espacio, considerado como entidad física.

⁸⁸ La tesis de la humildad epistémica, tesis central en Kant, tiene que ver con que no podemos conocer las cosas en sí, de aquí que pueda darse paso a considerar que dichas cosas en sí son <<no espaciales>>. Muchos intérpretes han querido ver un atisbo de incoherencia en ello. La reconstrucción del argumento de la Exposición Metafísica permite dar cuenta de esto último, dado que se ha mostrado que la idealidad y la subjetividad del espacio provienen de una misma tesis, a la vez que se derivan simultáneamente de ésta: la condición *a priori* del espacio; con ello se sustenta tanto la tesis de la humildad como la de la no espacialidad de las cosas en sí mismas.

II.4 Kant y la matemática. Lo sintético *a priori* y la experiencia.

La matemática ofrece el ejemplo más brillante de la razón pura que se ensancha felizmente por sí misma, sin el auxilio de la experiencia.

<A713>[B741]

En términos generales, si puede hablarse de una filosofía de la matemática kantiana⁸⁹, ésta se encuentra fundamentada en la idea de lo sintético *a priori*. Como bien menciona Lisa Shabel (2003): “Específicamente, los argumentos de Kant para el Idealismo Trascendental dependen de su sentencia de que el conocimiento matemático es sintético *a priori*; esta sentencia se sigue de su entendimiento de que el conocimiento matemático está basado en la construcción de conceptos en intuición.” (p. 3)⁹⁰ Precisamente en este último sentido, resulta importante mencionar que para Kant, como puede verse en la Doctrina Trascendental del Método⁹¹, la matemática es una ciencia que parte de una intuición pura⁹² y procede por construcción de conceptos, por lo que es factible identificar cómo la construcción de

⁸⁹ Muchos de los intérpretes de esta parte de la filosofía de Kant, se centran en lo dicho por el autor en la Estética Trascendental, y a su vez, en la distinción que hace entre el método matemático y el método filosófico, llevada a cabo en la Doctrina Trascendental del Método; entendiendo que el método matemático al que Kant se refiere es el de la geometría, dejando de lado lo dicho por Kant en relación a la aritmética y el álgebra. En nuestra lectura, pretendemos hacer una interpretación de lo sintético *a priori*, tal que puede entenderse como “el conocimiento de aquello susceptible de ser constituido en una experiencia, a partir de principios *a priori*”, por lo que, de entrada, revisar el concepto de intuición resulta relevante.

⁹⁰ “Specifically, Kant’s arguments for transcendental idealism depend on his claim that mathematical knowledge is synthetic *a priori*; this claim follows from his understanding of mathematical knowledge as based on the construction of concepts in intuition.”

⁹¹ Cfr. “El conocimiento *filosófico* es el *conocimiento racional* por *conceptos*; el matemático [es el conocimiento] por *construcción* de los conceptos.” <A713>[B741] Como ya se mencionó, la mayoría de las ideas de Kant sobre la matemática, independientemente de lo que menciona en la Estética Trascendental, se encuentran al final de la *KrV*, en el primer capítulo de la Doctrina Trascendental del Método, donde el autor discute el método de la matemática en relación con el método filosófico.

⁹² La mayoría de los intérpretes, señalan que el concepto de intuición en el sentido de Kant presenta diversas problemáticas, debido en parte a su idea de que “las intuiciones proveen suficiente evidencia para las verdades en matemáticas”, lo que según éstos, con los desarrollos en matemáticas y lógica durante el siglo XIX, esta concepción kantiana no se sostiene. Dichas críticas tienen cierto sustento, sólo que precisamente se sostienen si el concepto de intuición se entiende en los términos en los que dichos intérpretes llevan a cabo: centrándose sólo en el caso de la geometría, entendiendo intuición en un solo sentido, y no ubicando la concepción de construcción en intuición, en relación con la práctica matemática de la época de Kant, y tal que considerando esto último, resulta relevante distinguir distintos sentidos de intuición en Kant. En esta sección trataremos de argumentar en cierta contraposición con las interpretaciones mencionadas.

conceptos en matemática, se lleva a cabo mediante “la exposición *a priori* de la intuición que le corresponde”, es decir:

Construir un concepto significa: exhibir *a priori* la intuición que le corresponde. Para la construcción de un concepto se requiere, pues, una intuición *no empírica*, que por consiguiente, como intuición, es un objeto *singular*, pero que sin embargo, como construcción de un concepto ([como construcción] de una representación universal) debe expresar, en la representación, validez universal con respecto a todas las intuiciones posibles que hayan de estar bajo ese concepto. <A713>[B741]

Si la matemática constituye un cuerpo de conocimientos necesarios, éstos han de configurarse, bajo aspectos fundamentales, independientemente de la experiencia, por tanto *a priori*; sin embargo, tal cuerpo de conocimientos no se encuentra excluido de apelar a una relación directa con las intuiciones, con las formas puras de la intuición sensible. De aquí que el rol de la intuición es fundamental en la construcción de conceptos en matemática.

De todo esto, resulta importante llevar a cabo una revisión sobre los distintos sentidos de “intuición”, presentes en la *KrV*⁹³.

II.4.1 Intuición pura e intuición empírica.

Llegados aquí, cabe señalar que el concepto de intuición ha despertado distintas controversias por los intérpretes de Kant. Por ejemplo, Carl Posy (2008) en su artículo “Intuition and Infinity: A Kantian Theme with Echoes in the Foundations of Mathematics”⁹⁴ identifica dos rasgos en la concepción kantiana de intuición:

- Intuición como representación inmediata.

⁹³ Si bien, con respecto al concepto de intuición, ya hemos mencionado ciertos aspectos importantes en la sección II.1, en ésta sólo se desea complementar lo dicho, dado que tal concepto resulta fundamental, sobre todo en relación con algunos temas tratados en el capítulo IV.

⁹⁴ No pretendemos llevar a cabo aquí un desarrollo de las ideas de Posy en dicho artículo, sólo hemos señalado un rasgo general relacionado con la filosofía de la matemática de Kant, contenida en el artículo del autor. En este último sentido, Posy discute la noción kantiana de intuición en relación con su bagaje leibniziano, además de que extiende la discusión al debate que sostuvieron Hilbert y Brouwer en relación con el concepto de infinito.

- Intuición como representación singular.

Aunque para Posy la intuición sólo sería una especie de vehículo de referencia a un objeto. Sin entrar en controversias, gran parte de los inconvenientes de la filosofía de la matemática de Kant, giran alrededor de lo que Posy señala sobre las concepciones de intuición, de aquí el sustento de varias críticas a Kant, que entienden intuición sólo como “representación inmediata y singular”, y tal que, en ciertos aspectos, pueden agruparse en un conjunto de interpretaciones que Gordon Brittan (2005) ha llamado “evidencialist”⁹⁵: “En esta interpretación, las intuiciones proveen evidencia indispensable para las verdades en matemáticas.” (p. 222)⁹⁶ Con lo que implica entender intuición en Kant, sólo en un sentido, y de ahí su vinculación, por ejemplo, con la “intuición espacial de carácter euclidiano”. Así, en cuanto al concepto de intuición, el cual ya lo hemos caracterizado en la sección II.1: “Toda

⁹⁵ En esta línea de interpretación, Brittan indentifica a su vez dos corrientes. La primera, según el autor, centra su atención en los axiomas, proposiciones e inferencias propios de la aritmética y la geometría, teniendo como fuente de inspiración lo dicho por Gottlob Frege, sobre que la aritmética es analítica, en términos de que se pueden derivar todas sus verdades de manera lógica, por lo que apelar a la intuición en términos de Kant deja de tener sustento frente a los desarrollos de la lógica y la geometría durante el siglo XIX. A pesar de ello, algunos autores han seguido dicha línea y tienden a desarrollar sus argumentos negando ciertos aspectos de la concepción de Frege, y rescatando el carácter de la intuición; otra corriente se centra en el procedimiento de prueba, no así en las premisas e inferencias, de aquí el autor rescata a Michael Friedman (1992 y 2000), y considera a su vez que Friedman se ha basado en los trabajos de Bertrand Russell. *Cfr.* “According to the two schools of interpretation, then, the establishment of the premises of mathematical inferences or of their conclusions requires “intuition”, in a sense of the word not yet made clear. According to the first, “logic”, the principle of contradiction and its corollaries proves too much: there are several systems of geometry which are consistent, and intuition is necessary to determine which one among them is true. According to the second, “logic”, monadic quantification theory, does not prove enough; intuition is necessary in order to obtain all the classical (Euclidean) geometrical results.” (Brittan 2010, p. 223)

⁹⁶ “On this interpretation, intuitions provide indispensable evidence for the truths of mathematics.” Si bien, Brittan pretende llevar a cabo una interpretación que se opone a las tesis “evidencialist”, que en algunos aspectos es opuesta a la nuestra, sólo lo hemos mencionado como uno de tantos intérpretes que ha tratado la filosofía de las matemáticas de Kant. En otro caso particular, J. A. Coffa (2005) por ejemplo, identifica tres tipos de interpretación sobre este aspecto de la filosofía de las matemáticas de Kant: “Hay tres modos de leer las opiniones de Kant respecto a la intuición pura, las que podríamos llamar platonista, constructivista y estructuralista.” (p. 80) La primera entiende a la intuición pura diferenciándola de la intuición empírica, en términos de que los objetos que representa “son “puros” más bien que empíricos”; con respecto a la segunda, nos dice el autor: “La verdad es que ni Kant ni sus seguidores tuvieron una idea muy definida de lo que era *construcción*... cada vez que Kant hizo un esfuerzo por ilustrar lo que quería decir por “construcción en intuición”, hizo su aparición una intuición empírica.” (*Íbidem*, p. 83); asimismo, en relación con la última caracterización, Coffa afirma: “La interpretación estructuralista difiere de la platonista y constructivista al tratar la intuición pura como algo completamente distinto de la intuición, la cual es una representación singular.” (*Íbidem*, p. 84) Resulta importante señalar que nuestra interpretación se mueve alrededor de estas caracterizaciones, pero resaltando la diferencia entre intuición pura y empírica, en relación con lo que ha de entenderse por “construcción en matemáticas”.

intuición es la que permite la representación inmediata de algún objeto externo a la mente”, y a su vez: “La intuición es un *medio*, una representación inmediata, que una vez mediada por los conceptos puros del entendimiento (categorías), permite a su vez una representación estructurada y conceptualizada de todo objeto de experiencia.” De aquí que sea factible mencionar que en toda referencia al espacio, hay que distinguir entre intuición pura *a priori* e intuición formal (intuición pura determinada, en relación con la geometría); y a su vez, forma de la intuición (intuición pura indeterminada, que acepta dos sentidos: forma o manera de intuir y la forma o estructura esencial de lo que es intuido), esta última ubicada directamente en el terreno de la intuición empírica. Hay que mencionar también que “exhibir la intuición que le corresponde a un concepto”, implica establecer adecuadamente la distinción entre intuición pura e intuición empírica.

De todo lo anterior, cabe decir que, siguiendo a Lisa Shabel (2011), consideramos que la distinción entre intuición pura e intuición empírica es fundamental para entender el método de construcción en matemática de Kant, a la vez de que nos ayudará a esclarecer ciertas controversias sobre el carácter de las geometrías no euclidianas, y finalmente, estructurar una interpretación de su idea de lo sintético *a priori* en geometría.

En general, existen ciertos inconvenientes para caracterizar definitivamente la distinción entre lo *a priori* y lo *a posteriori* en el ámbito de la filosofía⁹⁷, de aquí que ciertos aspectos de la concepción kantiana resultan relevantes. La filosofía de la matemática de Kant está relacionada directamente con la geometría, específicamente con el estado de la geometría de su tiempo⁹⁸, por algo, su idea de construcción de conceptos en matemática está referida, en parte, a la manera en que

⁹⁷ A este tenor puede consultarse *A priori Knowledge* (ed. by Paul K. Moser, Oxford University Press, 1987); o el texto de más reciente edición *New Essays on a priori* (ed. by Paul Boghossian and Christopher Peacocke, Oxford University Press, 2000); donde puede identificarse la variedad de posturas, algunas a favor, otras en contra, sobre la posibilidad del conocimiento *a priori*, y en algunos casos, entendiendo lo sintético *a priori* en el sentido de Kant.

⁹⁸ Precisamente el paradigma al que se enfrentó Kant es el paradigma de la geometría euclidiana, cuyo fundamento fue un problema tratado por filósofos como Leibniz y Wolff, entre otros, y donde se identificaba una forma característica de demostración, de establecer juicios. Lisa Shabel (2011) precisamente lleva a cabo un análisis de lo que ella denomina: “Dos tipos de demostración matemática”, tal que, por la aportación de Wolff, entre otros, se observa cómo existe una demostración “mecánica”, tal que recurre a las figuras en el proceso, y una demostración “abstracta”, donde en apego al carácter meramente lógico, se establecen proposiciones sin necesidad de recurrir a diagramas.

se llevaba a cabo una demostración en geometría. En este sentido hay que distinguir entre intuición pura, la cual acompaña a toda construcción en matemática, es decir, en geometría, aritmética, álgebra...⁹⁹; e intuición empírica, que tiene que ver con la apelación a un dibujo, a un diagrama, que a su vez sea complementario en el proceso de construcción.

Así, en geometría, como menciona Kant: “La figura singular dibujada es // empírica, y sirve, sin embargo, para expresar el concepto, sin menoscabo de la universalidad de éste, porque en esta intuición empírica se atiende siempre sólo a la acción de construcción del concepto para el cual muchas determinaciones..., son enteramente indiferentes.” <A714>[B742] De aquí que:

Por tanto tenemos tres explicaciones inmediatas para cómo una intuición empírica puede posiblemente ser dicha para dar paso a un conocimiento *a priori*: porque el patrón para semejante intuición es no empírico; porque ponemos atención a la “acción” de construir la intuición empírica, no a la figura dibujada resultante; y porque “abstraemos” determinaciones particulares de la figura dibujada. (Shabel 2011, p. 93)¹⁰⁰

Lo que Kant está tratando de mostrar es que la intuición pura puede ser construida como en “sí misma” en una figura individual, exhibiendo ésta, de cualquiera de las tres explicaciones mencionadas por Shabel, el carácter *a priori* de la intuición pura, de manera que, apelando a la forma en que Euclides construía sus conceptos, dicha intuición queda ejemplificada en su método de construir demostraciones. Así, las figuras sólo son un caso particular de la intuición empírica, y en segundo término, “expresan” la intuición pura, ésta “va implícita” en toda representación espacial. Por ello, la intuición empírica está directamente asociada a

⁹⁹ Muchos intérpretes de la filosofía de las matemáticas de Kant, tienden a entender intuición únicamente en el sentido dado en la Estética Trascendental, por lo que a su vez, relacionan su idea de construcción de conceptos en matemáticas, sólo con la manera en que se hacían demostraciones en geometría. Aquí trataremos de ver cómo la filosofía de las matemáticas de Kant se extiende al caso de la aritmética y álgebra en completa conjunción.

¹⁰⁰ “We thus have three immediate explanations for how an empirical intuition can possibly be said to yield *a priori* knowledge: because the pattern for such an intuition is non-empirical; because we pay attention to the “action” of constructing the empirical intuition, not to the resulting drawn figure; and because we “abstract” from the particular determinations of the drawn figure.”

la percepción, y ésta no explica completamente lo que Kant entiende por experiencia (ver capítulo III).

Lo que resta decir es que en la “producción” de una figura (geométrica), se define un concepto por construcción de una figura individual que le corresponde al concepto, lo que en la interpretación de Jakko Hintikka¹⁰¹ (1998) sería algo así como “proceder de algo universal hasta llegar a un particular”. Con todo, producir una figura en intuición, sólo sería definir un concepto matemático por construcción de una figura individual que “exhibe universalmente” al concepto. Si aceptamos lo que Shabel o Hintikka nos hacen ver, es posible decir que toda constitución de la experiencia en términos de marcos epistémicos, posibilita la idea de que pueden establecerse juicios sintéticos *a priori* en cualquier geometría, y esto daría un carácter empírico a las geometrías no euclidianas, si se entiende por experiencia, no sólo “el conjunto de percepciones enlazadas”.

Ahora bien, habrá que señalar que:

Kant no está tratando de explicar cómo las intuiciones pueden dar conocimiento en virtud de la relación especialmente inmediata que tienen con sus objetos. Está explicando por qué algunas intuiciones (a saber los términos de instanciación empleados en la lógica y en la matemática) pueden dar conocimiento sintético *a priori* aun cuando sus objetos están ausentes. (Hintikka 1998, p. 194)

Si todo esto es así, llega a implicar que Kant tiene un cierto sustento en el marco epistémico de la relatividad, ya que dicha teoría resulta a su vez compatible con la filosofía de la matemática de Kant.

Ahora bien, queda algo pendiente sobre la construcción en intuición, habrá que establecer la diferencia entre intuición pura *a priori*, que acompaña a toda demostración en matemática, ya sea recurriendo o no a una figura, pues basta señalar que la filosofía de la matemática de Kant debe verse como sustentada en la

¹⁰¹ Puede que existan ciertas diferencias entre la interpretación de Hintikka y Shabel, sin embargo, sólo hemos pretendido tomar algunos rasgos importantes de cada interpretación, porque consideramos que, sin estar en contraposición, ambas interpretaciones ofrecen lecturas importantes de la filosofía de las matemáticas de Kant, que nos conducen a identificar cómo esta parte de la epistemología kantiana no se contrapone a ciertas consecuencias que ha traído la relatividad.

naturaleza de las demostraciones en geometría, álgebra y aritmética¹⁰² en conjunción. Con lo que, existen ciertos inconvenientes a la interpretación clásica de la filosofía de la matemática de Kant, que considera que lo sintético *a priori* de los juicios en matemática, se fundamenta en la construcción de una figura que representa al <<espacio físico>>, y queda ejemplificada en cómo se establecen las demostraciones en geometría, a la sazón de lo que llevó a cabo Kant en la Estética Trascendental y algunos pasajes de la última parte de la *KrV*. Por tanto, lo que le confiere a prioridad a los juicios en matemática es la intuición pura de Kant, no la de intuición empírica en sentido geométrico (Shabel (2011)), por lo que a su vez, se sostiene la idea, en relación con la geometría, y planteada en secciones anteriores, de que la teoría de la idealidad del espacio no depende de la validez o no de la geometría, al aplicarse al análisis del espacio físico¹⁰³.

En las demostraciones y juicios en matemática, ciertamente es requerida una intuición pura *a priori*, no una intuición empírica, esta última es requerida para las figuras, las cuales obviamente son “empíricas”, y a su vez, “exhiben lo universal en un objeto particular”. De aquí que pueda darse paso al hecho de que diversos aspectos de la filosofía de la matemática de Kant puedan seguirse sosteniendo en el contexto de las geometrías no euclidianas, pues la geometría euclidiana corresponde al fundamento de la posibilidad de las geometrías no euclidianas, a la vez de que si estas últimas son lógicamente consistentes, aquella también lo es.

Asimismo, la interpretación de Hintikka (1998) señala que generalmente el argumento de Kant, para la matemática, puede caracterizarse en los siguientes puntos:

¹⁰² Tanto Lisa Shabel como Jakko Hintikka han hecho ver que tal caracterización ha sido dejada de lado por la mayoría de los intérpretes de Kant, con lo que precisamente se ha popularizado la idea de que establecer juicios sintéticos *a priori* en matemáticas, en el tenor de Kant, implica el apego a una figura. *Cfr.* “Sólo la matemática contiene demostraciones, porque ella no deduce sus conocimientos a partir de conceptos, sino a partir de la construcción de éstos, es decir, de la intuición, que puede ser dada *a priori* de manera correspondiente a los conceptos. Incluso el procedimiento del álgebra con sus ecuaciones, a partir de las cuales ella, por reducción, produce la verdad juntamente con la prueba, es una construcción, si bien no geométrica, sí empero característica, en la cual, al exponer los signos, se exponen en la intuición los conceptos, principalmente los de la relación de cantidades, y aun sin tomar en consideración lo heurístico, se preservan de errores todos los raciocinios poniendo a la vista cada uno de ellos.” <A734>[B762]

¹⁰³ Ver Apéndice A: “La idealidad del espacio en Kant y las geometrías no euclidianas”.

- (1) La matemática se ocupa de la existencia de objetos (entiéndase objetos matemáticos representables).
- (2) Los resultados del razonamiento matemático son aplicables a toda experiencia *a priori*.
- (3) De (1) y (2): la existencia de objetos del razonamiento matemático es debida al proceso mediante el que conocemos objetos en general (intuiciones y conceptos).
- (4) Las relaciones entre objetos del razonamiento matemático, se deben a los procesos mediante los que conocemos la existencia de dichos objetos.
- (5) Conocemos la existencia de objetos sólo mediante la percepción.
- (6) ¿La estructura del razonamiento matemático se debe a la estructura de nuestra percepción?

Por lo visto en la presente sección, existen algunos puntos con los que podemos estar de acuerdo, quedan descartados aquellos que nos harían concluir que no es necesaria una distinción entre intuición pura e intuición empírica (puntos 1 y 5, la respuesta al punto 6 sería negativa). Además de que la idea de lo sintético *a priori* de Kant está referida a que los juicios de la matemática son a su vez sintéticos y *a priori*, pero sólo en el sentido de la manera en que se llevaban a cabo las demostraciones en matemáticas en tiempos de Kant, que obedecían al paradigma de la geometría euclidiana y la lógica tradicional (aristotélica). Como lo menciona Shabel:

Por tanto, la única noción de Kant de intuición “pura” no ha influenciado el estatus de los juicios sintéticos en matemática; de una teoría de construcción de conceptos en intuición simplemente debería ser suficiente para Kant concluir que los juicios en matemática son sintéticos.

Como siempre, el punto de vista de Kant de los juicios en matemática como *a priori* requiere que los conceptos en matemática sean construidos en intuición *pura*, tal que la intuición empírica es, por definición, *a posteriori*. (Shabel 2011, p. 103)¹⁰⁴

En este último sentido, y considerando lo tratado en la sección, concluimos que:

- Kant estructuró su filosofía de la matemática y de lo sintético *a priori*, en apego a cómo se entendía la matemática de su tiempo, que apelaba a una imagen, específicamente para el caso de la geometría, por algo su idea de que en dicha ciencia se establecen juicios sintéticos *a priori*. Asimismo, existía otra manera de hacer demostraciones, apelando directamente a las herramientas de la lógica.
- Por lo visto también, puede surgir la pregunta de si Kant estaba pensando en lo sintético en geometría, como “representación de una figura que coadyuva en el proceso de demostración”, y no como que “la aplicación de la matemática al análisis del mundo se hace de forma literal”, de ahí que bien puede contener dicha ciencia juicios sintéticos *a priori*, lo cual, esto último, es precisamente el punto de la interpretación ortodoxa.
- Kant entendió intuición pura *a priori* en geometría, aritmética y álgebra¹⁰⁵, como aquella que acompaña a la construcción de figuras en matemática y a su vez, en una “representación simbólica” del número, como en el álgebra; así, la intuición empírica está referida únicamente a aquella figura construida (que exhibe una intuición pura determinada y estructurada, es decir, concreta). La figura es una representación particular de algo universal, como el símbolo

¹⁰⁴ “Therefore, Kant’s unique notion of “pure” intuition has not influenced the synthetic status of mathematical judgment; a theory of the construction of concepts in intuition *simpliciter* would be sufficient for Kant to conclude that mathematical judgments are synthetic.

However, Kant’s view of mathematical judgments as *a priori* requires that mathematical concepts be constructed in *pure* intuition, since empirical intuitions are, by definition, *a posteriori*.”

¹⁰⁵ Tanto Hintikka como Shabel han señalado el hecho de que muchas de las interpretaciones sobre la filosofía de las matemáticas de Kant, se centran únicamente en lo dicho por el autor con respecto a la geometría y la aritmética, dejando de lado lo que menciona en torno al álgebra, de aquí que consideramos que resulta relevante identificar sus argumentos en torno a estas tres disciplinas, lo que ha permitido entender mejor su idea de “construcción en matemáticas”, a la par de lo sintético *a priori* en matemáticas.

matemático representa una entidad general. Lo *a priori* es lo que posibilita una representación particular. La intuición pura es la que acompaña en las demostraciones, ya sea en geometría euclidiana o geometrías no euclidianas.

- Intuición formal es aquella que está representada en, por ejemplo, toda conceptualización geométrica (euclidiana o no euclidiana) del espacio, y exhibe a su vez a la intuición pura *a priori*. Una intuición formal posee una “estructura”, pero ésta no implica necesariamente que pueda ser representada en una figura.

En atención a este último punto, en cuanto la geometría trate de *objetos* en el “espacio físico”, *Gegenstand* en el sentido de Kant, es que podrá adquirir su carácter sintético, y toda intuición formal (representación geométrica del espacio), posibilitará establecer juicios sintéticos *a priori*, pero sólo una vez que se aplica la geometría (cualquier geometría) al análisis del espacio físico, lo cual no puede hacerse sin considerar elementos de algún marco epistémico, como el de una teoría de la física. Por tanto, lo sintético *a priori* de cualquier geometría, sólo radica en su posibilidad de aplicarse al análisis del espacio físico, proporcionado por toda teoría física.

II.4.2 Lo sintético *a priori*.

La idea kantiana de la a prioridad sintética de los juicios en matemática se encuentra presente tanto en la introducción a la primera como a la segunda ediciones. En dicha parte Kant establece la diferencia entre juicios analíticos y juicios sintéticos, de manera que en (B) nos dice:

En todos los juicios en los que se piensa la relación de un sujeto con el predicado (aunque yo sólo considere los afirmativos; pues la aplicación a los negativos después es fácil) esta relación es posible de dos maneras. O bien el predicado *B* pertenece al sujeto *A* como algo que está contenido (ocultamente) en ese concepto *A*; o bien *B* reside enteramente fuera del concepto *A*, aunque está en conexión con él. En el primer caso, llamo *analítico* al juicio; en el otro *sintético*. Los juicios analíticos (los afirmativos) son, por tanto, aquellos en los cuales la conexión del predicado con el

sujeto es pensada por identidad; pero aquellos en los que esta conexión es pensada sin identidad, deben llamarse juicios sintéticos. [B10]

A primera vista, un juicio analítico no necesita una explicación, un predicado, por algo el sujeto está completamente determinado. Los juicios analíticos son por tanto juicios que bien poseen un carácter *a priori*; los juicios sintéticos en cambio, añaden información sobre el sujeto, y asimismo: lo constituyen, son juicios de experiencia, que llevan a cabo una síntesis, en este sentido son *a posteriori*.

Pero ¿qué sería a su vez un juicio sintético *a priori*? Un juicio sintético *a priori* es aquel cuyo *contenido* enlaza representaciones dadas a la sensibilidad, bajo las condiciones formales de espacio y tiempo y las categorías, y dicho juicio, a su vez, implica salir del concepto dado para identificar una relación de éste con algo distinto de lo pensado en el concepto. Finalmente, un juicio sintético *a priori* enlaza representaciones en intuición (espacio y tiempo).

Quizá la preocupación de Kant, dada su concepción sobre el carácter del método matemático, radicaba en investigar cómo es posible que en la matemática puedan establecerse juicios que sean a la vez *a priori* y sintéticos, es decir, que contengan necesidad y “verdad empírica”. Por lo visto, mediante la aplicación de la intuición empírica es que precisamente, el método matemático, a la sazón de Kant, puede considerarse propio para establecer juicios sintéticos *a priori*, lo cual, dada nuestra lectura, sólo puede entenderse si se acepta que la matemática contiene juicios sintéticos *a priori*, pero únicamente en la medida en que éstas están dirigidas a los objetos de los sentidos¹⁰⁶, en tanto se está apelando a un dibujo, a una imagen o a un signo, ya que:

La matemática pura, como conocimiento sintético *a priori*, es posible sólo gracias a que no se dirige a otros objetos, sino sólo a los de los sentidos, en el fundamento de cuya intuición empírica yace una intuición pura (del espacio y del tiempo) y, ciertamente, *a priori*; que a su vez puede yacer en el fundamento, porque esta intuición pura no es otra cosa que la mera forma de la sensibilidad, que precede a la

¹⁰⁶ Es decir, sólo en la medida en que las matemáticas son aplicadas al análisis del mundo, como en las teorías de la física-matemática.

aparición real de los objetos haciéndola, en verdad, ante todo, posible.
(*Prolegómenos* § 11)

Por tanto, quizá uno de los errores de muchos intérpretes de esta parte de la obra de Kant, estriba en suponer que el carácter sintético *a priori* de los juicios en matemática, le dé sustento “empírico” a dicha ciencia, sin embargo, a pesar de que en ciertos pasajes parecería que Kant lo afirma¹⁰⁷, como hemos visto, Kant sólo tenía en mente lo relacionado con cómo se llevaban a cabo las demostraciones en geometría (recurriendo a una figura), de ahí su idea de que la matemática posea juicios sintéticos *a priori*. “Ante todo, hay que notar: que las proposiciones propiamente matemáticas son siempre juicios *a priori* y no empíricos, porque llevan consigo necesidad, lo que no puede ser tomada de la experiencia.” [B15] Así, la matemática es analítica, eso no le preocupa a Kant, lo que le interesa es su carácter sintético, la posibilidad de contribuir a la constitución de una experiencia de objetos en las ciencias de la naturaleza, es decir, la posibilidad de establecer juicios sintéticos *a priori* en tales ciencias. Si dichos juicios no existieran, como han concluido muchos estudiosos¹⁰⁸, y aparentemente lo muestra la relatividad, en términos de la naturaleza *física* del espacio y el tiempo, constituye un problema inherente a una “ontología de la experiencia” (capítulo III), propia del marco

¹⁰⁷ Cfr. “Por tanto, en el fundamento de la matemática se hallan realmente intuiciones puras *a priori*, las cuales hacen posibles sus proposiciones sintéticas y de validez apodíctica...” (*Prolegómenos* § 12), “*Los juicios matemáticos son todos sintéticos.*” [B14] Resulta por demás innecesario intentar negar que Kant haya creído en el carácter apodíctico, necesario, de un posible juicio sintético *a priori* en geometría, la apodícticidad sintética de la geometría euclidiana resulta controversial frente a las geometrías no euclidianas y su aplicación al análisis del espacio físico, sin embargo, dada la línea de interpretación que hemos establecido, podemos creer que la idea de sinteticidad *a priori* de los juicios de la geometría, la pensó Kant sólo en relación con cómo se concebía el método matemático y las demostraciones en la época de Kant, en este último sentido, y por lo identificado en el capítulo I, en relación con los trabajos precríticos: ¿es posible establecer juicios sintéticos *a priori* en geometrías no euclidianas de dimensión 2?, ¿una verificación experimental de la relatividad coadyuva a la posibilidad de establecer juicios sintéticos *a priori* en dicha teoría?

¹⁰⁸ Ver capítulo IV. Uno de los temas del capítulo será: ¿Existen juicios sintéticos *a priori* en la relatividad? En tal capítulo se identifica que existe una tradición kantiana que va de Helmholtz a Poincaré y los positivistas lógicos, que ya sea a favor o en contra, han tratado el problema de lo sintético *a priori*, sobre todo en torno de su epistemología, y de su concepción ontológica sobre el espacio y el tiempo. Veremos que algunos erraron en cómo entendieron el problema kantiano de la *KrV*, sobre todo por su interpretación de Kant frente a la recepción de la relatividad que éstos llevaron a cabo, y a su vez, frente al carácter ontológico del espacio y el tiempo derivados de dicha teoría de la física.

epistemológico kantiano referido a la constitución de los objetos de experiencia, como veremos.

Finalmente, lo sintético *a priori* de los juicios en física, por ejemplo, tiene que ver con la posibilidad de establecer alguna experiencia, bajo la estructura específica de un sistema matemático, por lo que si una geometría se aplica al “análisis del mundo”, y permite una visión objetiva, bajo el esquema epistémico de una teoría, esta geometría adquiere un carácter sintético *a priori*, pero, de nuevo, únicamente dentro del marco epistémico de una teoría física (ver capítulo III).

Lo sintético *a priori* en geometría, como se ha visto, está relacionado con apelar a una imagen, un diagrama, en las demostraciones. Es decir, lo sintético de la geometría es que ésta pueda representarse, sea cual sea la manera en que dicha representación se lleve a cabo. A pesar de muchos de los críticos de esta parte de la filosofía kantiana, las geometrías no euclidianas también pueden, en cierto sentido, representarse, ¿acaso no existen geometrías no euclidianas de dimensión 2 que son representables?

II.5 Exposición Metafísica y Exposición Trascendental del tiempo.

El tiempo no transcurre, sino que en él transcurre la existencia de lo mudable. Al tiempo, entonces, que es, él mismo, inmutable y permanente, le corresponde en el fenómeno lo inmutable en la existencia, es decir, la substancia, y sólo en ella puede ser determinada según el tiempo la sucesión y la simultaneidad de los fenómenos.

<A144>[B183]

Como es generalmente aceptado, los argumentos de las Exposiciones Metafísica y Trascendental del espacio, sirven de base para el tiempo (*Die Zeit*), en el sentido de que su desarrollo es paralelo. Además, mucho de lo que Kant argumenta en torno al tiempo, ya ha sido planteado en la *Dissertatio*. En este sentido haremos una revisión concisa sobre los principales argumentos de Kant en torno al tiempo.

En esta sección, consideramos, análogamente a lo desarrollado para el espacio, que lo fundamental sobre el carácter ontológico del tiempo se encuentra en

la Exposición Metafísica, y tal que es posible identificarlo como “orden de presentación”, una intuición *a priori*, a la vez de considerar que la estructura del argumento de dicha exposición corresponde a una *reductio* (un dilema destructivo). Dicho lo anterior, en la sección II.5.1, establecemos primeramente una sucinta lectura de la Exposición Metafísica del tiempo, para después desarrollar el argumento considerándolo como una *reductio*. Esto permitirá hacer una comparación entre ciertas interpretaciones y la que hemos adoptado (Lazos (2014)). Finalmente, analizamos, en la sección II.5.2, la Exposición Trascendental del tiempo.

II.5.1 Exposición Metafísica del tiempo.

En el §4 de la Estética Trascendental (§4. *EXPOSICIÓN METAFÍSICA DEL CONCEPTO DE TIEMPO*) Kant desarrolla sus argumentos en cinco puntos, de los cuales, los dos primeros se refieren a la condición *a priori* del tiempo:

El tiempo 1) no es un concepto empírico que haya sido extraído de alguna experiencia. Pues ni la simultaneidad ni la sucesión se presentarían en la percepción, si no estuviera *a priori*, en el fundamento, la representación del tiempo. Sólo si se la presupone se puede representar que algo sea en uno y el mismo tiempo (a la vez) o en diferentes tiempos (sucesivamente).

| 2) El tiempo es una representación necesaria que sirve de fundamento de todas las intuiciones. Con respecto a los fenómenos en general, no se puede suprimir el tiempo mismo, aunque muy bien se puede sacar del tiempo los fenómenos. Por consiguiente, el tiempo está dado *a priori*. Sólo en él es posible toda realidad efectiva de los fenómenos. Éstos pueden todos desaparecer; pero él mismo (como condición universal de la posibilidad de ellos) no puede ser suprimido. [B46]<A31>

Los argumentos anteriores caracterizan al tiempo como *a priori*, de manera que a su vez, constituye una condición de posibilidad de todo fenómeno, y a partir de su cualidad de sucesión, por mucho, nos permite implícitamente identificar el carácter continuo del tiempo, y a éste como posibilidad de toda experiencia. Además, su otra

cualidad, la simultaneidad, sólo es posible, en la percepción, a partir de que éste, el tiempo, es dado *a priori*.

Explicar alguna experiencia, por consiguiente, a partir de conceptos, implica apelar ya a una temporalidad. Así: “El concepto ‘tiempo’ no es susceptible de ser definido, pues cualquiera que sea el concepto que se utilice en su definición siempre será un concepto en el que se presuponga el tiempo. Este es el caso, por ejemplo, de conceptos tales como ‘cambio’, ‘sucesión’ y ‘progreso’.”¹⁰⁹ (Hartnack 2006, p. 32) Kant muestra que el tiempo es una <<idea>> necesaria. Uno podría imaginar un mundo en el que nada acontece, sin embargo, no puede imaginarse que no haya tiempo. “El tiempo, como flujo constante, no puede dejar de ser pensado.” (*Íbidem*, p. 33) El tiempo es intuición pura interna *a priori*, lo que lo hace poseer quizá más atributos que el espacio.

Ahora bien, una vez que se hubo mostrado al tiempo como *a priori*, Kant lo ubica, primeramente, en el terreno de los principios apodícticos¹¹⁰, pues afirma:

// 3) En esta necesidad *a priori* se funda también la posibilidad de principios apodícticos acerca de las relaciones del tiempo, o axiomas del tiempo en general. Éste tiene sólo *una* dimensión; ***diferentes tiempos no son simultáneos, sino sucesivos (así como diferentes espacios no son sucesivos, sino simultáneos)***¹¹¹ Estos principios no pueden ser obtenidos de la experiencia, pues ésta no daría universalidad estricta, ni certeza apodíctica. Podríamos decir solamente: así lo enseña la percepción común; pero no: así debe ser. Estos principios valen como reglas bajo las cuales, en general, son posibles las experiencias; y nos instruyen antes de ésta, y no mediante ésta. [B47]

¹⁰⁹ En la teoría de la relatividad, existen ciertas consecuencias sobre el carácter tanto ontológico como epistémico, del tiempo, que se contraponen a la concepción de éste en los tiempos de Kant. Dígase la nueva concepción de simultaneidad y su relación con el problema del cambio, la dilatación del tiempo, el concepto de “tiempo curvo”, propio de la relatividad general, entre otros (ver capítulo V).

¹¹⁰ Según el *Diccionario de Filosofía* de J. Ferrater Mora, “**Apodíctico** se llama a lo que vale de un modo necesario e incondicionado.” (Ferrater Mora 2001, p. 198) De manera que el uso del término, en sentido kantiano, está referido a las proposiciones y los juicios.

¹¹¹ El subrayado es nuestro. Esta afirmación resulta relevante para lo que veremos después sobre la relación entre el tiempo en la teoría de la relatividad y el tiempo en Kant (capítulo V).

El tiempo constituye la posibilidad de toda experiencia, pero no depende de ésta. Además, el tiempo es continuo, y tiene sólo una dimensión. No puede considerarse al tiempo como una suma de cantidades discretas, sino que los distintos tiempos son sucesivos. Todo principio sobre el tiempo se deriva de su condición *a priori*. Cabe señalar que este punto 3, a pesar de ser explícitamente colocado en la Exposición Metafísica, su contenido está en relación con la Exposición Trascendental, ya que Kant argumenta alrededor de la posibilidad de un conocimiento sintético *a priori* en relación al tiempo, en términos de una *representación* del tiempo dada en la aritmética, como análogamente fue tratado en la Exposición Trascendental del Espacio, alrededor de la geometría.

Ahora bien, en el siguiente punto, Kant afirma que el tiempo es una forma pura de la intuición sensible, tal que:

4) El tiempo no es un concepto discursivo, o, como se suele decir, [un concepto] universal; sino una forma pura de la intuición sensible. Diferentes tiempos son solamente partes | del mismo tiempo. Pero la representación que sólo puede ser dada por un único objeto es intuición. Y tampoco se podría derivar de un concepto universal la proposición de que diferentes tiempos no pueden ser simultáneos. Esta proposición es sintética, y no puede nacer a partir de conceptos solamente. Está contenida inmediatamente, por tanto, en la intuición y representación del tiempo.
<A32>

Por tanto: “Una proposición sintética *a priori* referente al tiempo presupone que el tiempo no es un concepto, sino una *intuición a priori*.” (Hartnack 2006, p. 34) El tiempo, al ser intuición, se encuentra en la ‘base’ de toda noción de tiempo, de todo tiempo concreto. Así, toda representación del tiempo presupone una intuición pura *a priori*, por algo el tiempo no es concepto.

Asimismo, bajo los términos en los que en el punto 4 de la Exposición Metafísica del espacio, que habla sobre su infinitud, el punto 5 nos dice:

5) La infinitud del tiempo no significa nada más, sino que toda cantidad determinada del tiempo es posible sólo mediante // limitaciones de un único tiempo que sirve de

fundamento. Por eso, la representación originaria *tiempo* debe ser dada como ilimitada. Pero cuando las partes mismas de algo, y toda cantidad de un objeto, sólo pueden ser representadas determinadamente mediante limitación, en ese caso la representación completa [de ese algo] no puede estar dada por conceptos, (pues éstos sólo contienen representaciones parciales) sino que una intuición inmediata debe servir de fundamento de ellas. [B48]

De una u otra forma, puede identificarse que Kant está adelantando ciertos aspectos ontológicos del tiempo. La infinitud del tiempo le da un carácter primario con respecto a cualquier tiempo particular, cualquier parte, segmento, etc. El tiempo es una presuposición necesaria para cualquier tiempo, el fundamento de todo tiempo posible.

Ahora bien, en la Exposición Metafísica está contenido el carácter ontológico del tiempo. En atención a esto, y de manera similar a lo hecho con el espacio, siguiendo a Efraín Lazos (2014), la estructura del argumento sobre la naturaleza del tiempo puede verse como una *reductio*, a saber:

E1. El tiempo es, o bien a) una sustancia, una cosa autosubsistente, o bien b) una relación entre sustancias, entre cosas autosubsistentes, o bien c) una condición subjetiva de representación sucesiva y/o simultánea de los objetos de experiencia.

E2. Si el tiempo fuera una sustancia (a), o una relación entre sustancias (b), entonces obtendríamos la representación del tiempo mediante la experiencia. Pero,

E3. El tiempo es *a priori* y no discursivo; por lo que

E4. No podemos obtener la representación del tiempo a través de la experiencia.

Por lo tanto,

EC1. E1a y E1b son falsas, el tiempo no es una sustancia ni una relación entre sustancias, y

EC2. EC1 es verdadera, el tiempo es una forma subjetiva de representación sucesiva y/o simultánea de los objetos.

Análogamente a lo visto en la sección II.2.1, la tesis E1 está relacionada con las dos teorías vigentes en tiempos de Kant: 1) La teoría de Newton, que entiende al tiempo como algo que existe, independientemente de los objetos, es decir, algo absoluto; y 2) La teoría de Leibniz, la condición relacional del tiempo, en donde éste sólo corresponde a una condición de las relaciones entre objetos. Para Kant, ninguna de estas teorías sobre la naturaleza del tiempo resulta satisfactoria, de ahí su propia concepción, en términos de la idealidad y la condición subjetiva del tiempo, derivadas de su carácter *a priori*.

En la premisa E2 está contenida la suposición de cómo podríamos hacernos de la representación del tiempo, aceptando la posibilidad de que el substancialismo o el relacionismo fueran verdaderos. Como ya se vio al inicio de la sección, Kant afirma en el punto 1) de la Exposición Metafísica: “El tiempo no es un concepto empírico que haya sido extraído de alguna experiencia. Pues ni la simultaneidad ni la sucesión se presentarían en la percepción...” ¿Qué implica esto último?, que si el tiempo no fuera una condición para representar sucesiva y/o simultáneamente a los objetos, ¿cómo podríamos a su vez poseer la representación de cualidades del tiempo como la sucesión y la simultaneidad? Por algo, desde este primer punto, es que Kant afirma la condición *a priori* del tiempo (primera parte de la premisa E3), esto es, que la simultaneidad y la sucesión no serían posibles en la percepción, “si no estuviera *a priori*, en el fundamento, la representación del tiempo.” De aquí que debe presuponerse al tiempo.

Ahora bien, en nuestro desarrollo inicial presentamos simultáneamente los dos primeros puntos de la Exposición Metafísica, y tal que en el 2) Kant afirma que el tiempo es “una representación necesaria que sirve de fundamento de todas las intuiciones.” Esto se refiere a que el tiempo es “parte del sentido interno”, pues a diferencia del espacio, que es “una representación necesaria del sentido externo”, ya que permite ubicar los particulares, el tiempo es más fundamental, dado que sin

dicha representación no podríamos, a su vez, ubicar los particulares sucesiva y/o simultáneamente. En este sentido es que resulta ser fundamento de todas las intuiciones.

Finalmente, como ya se tuvo oportunidad de señalar: “Kant ofrece dos ejemplos destacados de orden presentacional: el espacio y el tiempo.” (Lazos 2014, p.87) El tiempo, al ser fundamento de todas las intuiciones, permite ordenar sucesiva y/o simultáneamente las percepciones, por tanto, es un orden presentacional de dichas percepciones, donde los elementos de éstas se le presentan a un observador, ya sea sucesiva y/o simultáneamente. Los particulares que se le presentan a un observador son tanto espaciales como temporales, dada precisamente la necesidad *a priori* del espacio y el tiempo (ver punto 3)).

Con respecto a la segunda parte de la premisa E3: el tiempo es no discursivo. Como Kant lo afirma en el punto 4): “El tiempo no es un concepto discursivo, o, como se suele decir, [un concepto] universal; sino una forma pura de la intuición sensible.” Asimismo: “Diferentes tiempos son solamente partes | del mismo tiempo. Pero la representación que sólo puede ser dada por un único objeto es intuición.” Se presenta aquí la unicidad del tiempo. A la vez, en el punto 5) Kant afirma: “La infinitud del tiempo no significa nada más, sino que toda cantidad determinada del tiempo es posible sólo mediante // limitaciones de un único tiempo que sirve de fundamento. Por eso, la representación originaria *tiempo* debe ser dada como ilimitada.” Tanto la unicidad como la infinitud del tiempo permiten identificar que éste no es un concepto discursivo, sino una intuición, y por lo tratado anteriormente: *a priori*. De la sección II.1, ya se ha establecido la distinción entre intuiciones y conceptos, estos últimos representan lo común a distintas representaciones, y al mismo tiempo, subsumen, en cada representación, al concepto general. Una intuición *a priori* es única. La del tiempo es una intuición *a priori*, un orden presentacional. Así, la representación del tiempo es la de un *objeto* singular.

La conclusión del argumento está dada en las premisas EC1 y EC2, tal que el tiempo no es ni una propiedad de las cosas, ni una relación entre éstas; y es a su vez una condición subjetiva, respectivamente. Dicha conclusión se sigue dado que ya Kant ha podido mostrar que el tiempo es *a priori* y no discursivo (premisas E3). Es

decir, EC1 y EC2 se derivan simultáneamente de dicha premisa E3. Y cabe señalar que EC1 corresponde a la idealidad del tiempo: el tiempo no es ni una substancia ni una relación entre substancias; y EC2 corresponde a la condición subjetiva del tiempo. Si el tiempo es un orden de presentación¹¹² quiere decir que es una condición subjetiva, porque es un orden característicamente humano, es decir, forma parte de la sensibilidad humana, del sentido interno, y fundamento de todas las intuiciones.

Cabría aquí la pregunta: ¿el orden temporal es un orden propio del mundo?, y si no fuera el caso, ¿cómo podríamos tener noción de modos temporales, en los fenómenos, tales como la simultaneidad, el cambio, la sucesión? El orden temporal lo pone la sensibilidad humana, pero la manera en que, temporalmente, se ordenan los fenómenos, esto lo pone el mundo. El carácter temporal de los fenómenos es algo que se presenta en la experiencia, y como ya se ha señalado: ésta es posible sólo a partir de los dos órdenes presentacionales: el espacio y el tiempo. Pero esto no quiere decir que dichos órdenes presentacionales generen tanto el orden espacial como temporal de los fenómenos. La ubicación de los particulares, así como sus relaciones pasadas, presentes o futuras, es algo que lo pone el mundo.

La subjetividad del tiempo implica que el mundo es temporal, y que a su vez, el orden temporal del mundo es algo que puede conocerse. De esto último: ¿habría una contradicción con la relatividad y sus consecuencias filosóficas con respecto a la naturaleza del tiempo?

Para concluir la sección, podemos afirmar que en la Exposición Metafísica sobre el concepto de tiempo:

- Se muestra la condición del tiempo como intuición pura *a priori*.
- El tiempo es un orden de presentación que permite la ubicación sucesiva y/o simultánea de los particulares, pero que no genera dicha ubicación.
- El tiempo es no discursivo, es decir, una intuición, no un concepto.

¹¹² Cabe recordar que un orden de presentación “supone la presencia de un observador que es parte del orden mismo”.

- Se derivan simultáneamente la idealidad y la subjetividad del tiempo a partir de su condición *a priori*.

II.5.2 Exposición Trascendental del tiempo.

Kant estructura los argumentos de la Exposición Trascendental, en términos de las propiedades del cambio, del movimiento, por obvias razones: Kant está pensando en el tiempo, si bien no ontológicamente como lo pensó Newton, sí en relación con la mecánica. Si bien, esto último puede identificarse más ampliamente en *Los Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza*. El problema de Kant es estructurar un amplio argumento sobre la posibilidad de un conocimiento sintético *a priori*, análogamente a lo que nuestro autor llevó a cabo con la geometría en la Exposición Trascendental del espacio. De manera que:

Aquí sólo agrego que el concepto de mudanza, y con él, el concepto de movimiento (como mudanza del lugar) sólo es posible mediante la representación del tiempo, y en ella; que, si esta representación no fuera intuición (interna) *a priori*, ningún concepto, sea el que fuere, podría hacer comprensible la posibilidad de una mudanza, es decir, de un enlace de predicados opuestos contradictoriamente (p. ej. el ser [de una cosa] en un lugar, y el no-ser de la misma cosa en ese mismo lugar) en uno y el mismo objeto. Sólo en el tiempo pueden ambas // determinaciones contradictoriamente opuestas encontrarse en una cosa, a saber, *una después de la otra*. Por tanto, nuestro concepto de tiempo explica la posibilidad de tantos conocimientos sintéticos *a priori* como expone la teoría general del movimiento, que no es poco fértil. [B49]

Puede verse que Kant sólo postula que el concepto de tiempo dado permite explicar la posibilidad de ciertos conocimientos sintéticos *a priori*, ya que será hasta la Analítica Trascendental donde haga alusión a la aritmética como un cuerpo de conocimientos sintéticos *a priori*, que establece una representación estructurada del tiempo.

Un hecho importante de la Exposición Trascendental del tiempo radica en afirmar que toda predicación sobre un objeto no puede ser simultánea con ninguna

otra sobre el mismo objeto. Por tanto, el cambio sólo es posible mediante la aceptación del tiempo como intuición pura *a priori* de la sensibilidad. En un cierto sentido, cabe aquí señalar que si bien, se ha entendido comúnmente que “el tiempo es la medida del cambio”, y por tanto, que el tiempo tiene una “realidad substancial”, en un cierto sentido, podríamos inferir, a la manera de la teoría de Julian Barbour (2001) en su obra *The End of Time*, que “el cambio es la medida del tiempo”. Es decir, sólo cuando existe un cambio en los fenómenos, es que puede medirse un lapso de tiempo, por ello: “el tiempo no existe”.

Finalmente, en las *CONCLUSIONES A PARTIR DE LOS CONCEPTOS PRECEDENTES*, éstas se desglosan en tres incisos y sus argumentos complementarios. A saber:

- a) El tiempo no ha de ser algo externo a nosotros, ni subsiste por sí mismo, es decir, resulta ser no sustancial y no-objetivo. Como dice Kant: “El tiempo no es algo que subsista por sí mismo, o que sea inherente a las cosas, como determinación objetiva, y que por tanto permanezca, si se hace abstracción de todas las condiciones subjetivas de la intuición de ellas; pues en el primer caso, aun sin objeto efectivamente real.” <A33> Por algo Kant aclara que si el tiempo fuera un orden o determinación inherente a las cosas, no podría ser conocido *a priori*, por lo que: “El tiempo no es nada más que la condición bajo la cual pueden tener lugar en nosotros todas las intuiciones. Pues entonces esta forma de la intuición interna puede ser representada antes de los objetos, y por tanto, *a priori*.” <A33> Podemos llamar a esta la “primera tesis de la idealidad del tiempo”, tal que incluso se presenta la idea del tiempo como intuición interna *a priori*, ya planteada anteriormente.
- b) En la segunda conclusión se postula al tiempo como forma del sentido interno, el cual a su vez, permite toda representación de estados internos, pero asimismo, sólo mediante analogías es que dichas representaciones internas pueden ser presentadas como sucesión temporal, por ejemplo, recurriendo a representar dicha sucesión mediante segmentos de recta, lo que fundamenta al tiempo como intuición. “El tiempo no es nada más que la forma del sentido

interno, es decir, del intuir a nosotros mismos y a nuestro estado interior. Pues el tiempo no puede ser una determinación de fenómenos externos; no pertenece // ni a una figura, ni [a una] situación, etc., y en cambio determina la relación de las representaciones en nuestro estado interno.” [B50]

- c) Ni siquiera el espacio ha de ser una condición formal *a priori* de todos los fenómenos, lo es sí, el tiempo. Puesto que las representaciones se dan en la mente, ya sean éstas externas o internas, están en relación con el estado interno, es decir, con el tiempo. “Si puedo decir *a priori*: todos los fenómenos externos están en el espacio, y están determinados *a priori* según las relaciones del espacio, entonces, a partir del principio del sentido interno, puedo decir de manera enteramente universal: todos los fenómenos en general, es decir, todos los objetos de los sentidos, están en el tiempo, y necesariamente están en relaciones de tiempo.” [B51]

Así, posteriormente a estos tres puntos, Kant postula la idealidad y la subjetividad del tiempo:

Por consiguiente, el tiempo es solamente una condición subjetiva de nuestra (humana) intuición (que es siempre sensible, es decir, [se produce] en la medida en que somos afectados por objetos); y en sí, fuera del sujeto, no es nada. [...] Nuestras afirmaciones enseñan, por tanto, la *realidad empírica* del tiempo, es decir, su validez objetiva con respecto a todos los objetos que puedan jamás ser dados a nuestros sentidos. Y puesto que nuestra intuición es siempre sensible, nunca puede sernos dado en la experiencia un objeto que no tenga que estar bajo la condición del tiempo. Por el contrario, le denegamos al tiempo toda pretensión de realidad absoluta, aquélla, a saber, por la que él, aun sin tener en cuenta la | forma de nuestra intuición sensible, sería inherente a las cosas de manera absoluta, como condición o como propiedad. Tales propiedades, que corresponden a las cosas en sí, no pueden nunca sernos dadas por los sentidos. En esto consiste, pues, la *idealidad trascendental* del tiempo, según la cual éste, si se hace abstracción de las condiciones subjetivas de la intuición sensible, no es nada, y no puede contarse entre los objetos en sí mismos (sin la relación de ellos con nuestra intuición) ni como subsistente ni como inherente. <A35-6>[B52-3]

En términos generales, Kant está afirmando la <<realidad empírica>> del tiempo, como él mismo menciona: “El tiempo es, por cierto, algo efectivamente real, a saber, la forma efectivamente real de la intuición interna. Tiene, por tanto, realidad subjetiva con respecto a la experiencia interna; es decir, tengo efectivamente la // representación del tiempo y de mis determinaciones en él.” <A37> En este sentido, el tiempo es efectivamente real pero como forma del sentido interno y condición de una experiencia. Ahora bien, el tiempo es, a su vez, una <<determinación objetiva>>, pero no inherente a las cosas. La idealidad del tiempo radica en que no es una substancia ni un “substrato” de la relación entre substancias, y por algo de ahí su condición subjetiva, la manera en cómo el sujeto intuye a los objetos determinados en el tiempo. Asimismo, el tiempo sólo existe en la experiencia, pero no es un ente del mundo, “es un orden de presentación”.

II.6 Recapitulación.

Por consiguiente, es indudablemente cierto,
y no meramente posible ni | probable,
que espacio y tiempo, como las condiciones
necesarias de toda experiencia (externa e interna),
son condiciones meramente subjetivas de
toda nuestra intuición, en relación con la cual,
por eso, todos los objetos son meros fenómenos.

<A49>[B66]

En la *KrV*, Kant caracteriza a la Estética Trascendental como la disciplina encargada de dar cuenta de todo conocimiento sensible *a priori*, de aquí que espacio y tiempo correspondan a las dos formas puras de la intuición sensible, y la subjetividad de ambos, a grandes rasgos y en sentido trascendental, tiene que ver con que los predicados espaciales y temporales están limitados a los <<objetos de la sensibilidad>>, por ende a los fenómenos, no a las cosas en sí, pues sólo en la experiencia y configuración de un objeto, “espacio y tiempo actúan efectivamente.” Por lo que, desde un punto de vista epistemológico, Kant nos proporciona un criterio de objetividad del conocimiento humano, en principio en términos de la sensibilidad.

A la vez, Kant afirma la idealidad del espacio y el tiempo, que éstos no son substancias ni relaciones entre substancias. Con todo esto, y por lo tratado en el presente capítulo, podemos traer a colación las siguientes conclusiones de la lectura y línea de interpretación que hemos establecido:

- En cuanto al espacio:

(1) Éste es empíricamente real y trascendentalmente ideal. Kant no niega la realidad del espacio omnicomprensivo, aquél “espacio físico” que “enmarca” toda experiencia. El idealismo kantiano, en cuanto a su concepción del espacio, difícilmente puede y debe vincularse con un idealismo tipo berkeliano¹¹³; y tampoco es factible interpretar a Kant en términos psicologistas, y pretender que entiende al espacio sólo como “producto de nuestra percepción” e incluso, en la experiencia, como si fuera producto de nuestra mente (fenomenismo). Kant no es un fenomenista, tal que se pueda entender como que todo es representación.

(2) El espacio es una intuición pura *a priori*. Constituye la forma del sentido externo que nos permite tener noción de todo fenómeno, pero éste último entendido en términos de su posibilidad. Además, el espacio, al ser intuición pura *a priori*, está en la base de toda conceptualización de espacio. Aquí, se pudo distinguir entre el “espacio como forma pura *a priori*” (intuición pura *a priori*), y el espacio como intuición empírica. Además, en un cierto sentido, Kant distingue entre el espacio, como forma pura *a priori*, y el espacio como intuición formal, que constituye una “representación estructurada”, la que proporciona la geometría.

(3) El espacio constituye un orden de presentación, ya que en el orden se incluye a un observador situado en algún punto. En concreto, el espacio es un orden de presentación de los particulares.

¹¹³ En una cierta línea de interpretación, sobre todo debida a los primeros intérpretes de Kant, se llegó a vincular al idealismo kantiano con el idealismo de Berkeley, lo cual molestó enormemente al filósofo prusiano. Efraín Lazos (2014) toma de frente dichas líneas de interpretación, mostrando el por qué resulta imposible vincular el idealismo kantiano con el de Berkeley, en principio en términos de la idealidad del espacio.

(4) La teoría de la idealidad del espacio en Kant, no depende del carácter de la geometría y es independiente de ésta, y asimismo, la geometría constituye sólo un ejemplo de una ciencia que establece una representación estructurada del espacio. Es obvio que Kant se refiere únicamente a la geometría euclidiana, pero al identificar que la teoría de la idealidad no depende del carácter de esta ciencia, queda sustentado el hecho de que dicha teoría tampoco depende del carácter de las geometrías no euclidianas.

(5) Predicar sobre los objetos espaciales, está vinculado a la sensibilidad, y por tanto al entendimiento. De aquí que: “La relación depende de cómo uno piensa el objeto de representación.” (Parsons 2009, p. 87)¹¹⁴ Por algo, no puede entenderse a Kant en términos únicamente de su apego a la geometría euclidiana, como aquella única geometría que estructura nuestra forma de constituir objetos.

(6) En toda referencia al espacio, hay que distinguir entre intuición pura *a priori* e intuición formal (intuición pura determinada, en relación con la geometría); y a su vez, forma de la intuición (intuición pura indeterminada, que acepta dos sentidos: forma o manera de intuir y la forma o estructura esencial de lo que es intuido).

(7) Para Kant, la matemática es una ciencia que parte de una intuición pura¹¹⁵ y procede por construcción de conceptos, por lo que es factible identificar cómo la construcción de conceptos en matemática se lleva a cabo mediante “la exposición *a priori* de la intuición que le corresponde”. La filosofía de la matemática de Kant plantea que dicha ciencia construye conceptos exhibiendo una intuición pura, y hay

¹¹⁴ “The relation depends on how one thinks of the *object* of representations.”

¹¹⁵ La mayoría de los intérpretes señalan que el concepto de intuición en el sentido de Kant presenta diversas problemáticas, debido en parte a su idea de que “las intuiciones proveen suficiente evidencia para las verdades en matemáticas”, lo que según éstos, con los desarrollos en matemáticas y lógica durante el siglo XIX, esta concepción kantiana no se sostiene. Dichas críticas tienen sustento, sólo que precisamente se sostienen si el concepto de intuición se entiende en los términos en los que dichos intérpretes llevan a cabo: centrándose sólo en el caso de la geometría euclidiana, entendiendo intuición en un solo sentido, y ubicando la concepción de construcción en intuición, en congruencia sólo con un aspecto de la práctica matemática de la época de Kant.

que entenderla en relación no sólo con la geometría, sino en conjunción con la aritmética y el álgebra.

(8) Un juicio sintético *a priori* enlaza representaciones en intuición (espacio y tiempo). La preocupación de Kant, dada su concepción sobre el carácter del método matemático, radicaba en investigar cómo es posible que en la matemática pueden establecerse juicios que sean a la vez *a priori* y sintéticos, es decir, que contengan necesidad y “verdad empírica”. En los juicios sintéticos *a priori* de la geometría, por ejemplo, hay un elemento *a priori*, la intuición pura, el espacio; y un elemento sintético, el apego a una figura, a una representación esquemática, por algo incluso las geometrías no euclidianas poseen, en cierto sentido, un carácter representativo, sintético *a priori*.

(9) Desde la filosofía de la matemática de Kant, y en especial en su teoría de la geometría, puede considerarse que lo sintético *a priori* de los juicios en física, por ejemplo, tiene que ver con la posibilidad de establecer alguna experiencia, bajo la estructura específica de un sistema matemático; por lo que si una geometría se aplica al “análisis del mundo”, y permite una visión objetiva, bajo el marco epistémico de la teoría, esta geometría adquiere un carácter sintético *a priori*, pero, de nuevo, únicamente dentro del marco epistémico de la teoría física (ver capítulo III).

- En cuanto al tiempo:

(1) El tiempo es una intuición pura *a priori*. Forma parte del sentido interno. Lo real del tiempo radica en la experiencia de los objetos. Al igual que el espacio, el tiempo es empíricamente real y trascendentalmente ideal.

(2) El tiempo es único, un orden de presentación.

(3) El tiempo, al ser un orden de presentación, permite la ubicación sucesiva y/o simultánea de los particulares, pero no genera dicha ubicación.

(4) El tiempo es no objetivo, es decir, no existe sustancialmente. Además, la idealidad y subjetividad del tiempo se derivan simultáneamente de su carácter *a priori*.

(5) En la Exposición Trascendental del tiempo, se presenta a la aritmética como una disciplina que ofrece una representación estructurada del tiempo, análogamente a lo que es la geometría para el caso del espacio.

Capítulo III: Objeto y Experiencia en la Deducción Metafísica y la Deducción Trascendental. Sobre la idea de una “ontología de la experiencia”.

- 1ro. Lo que concuerda con las condiciones formales de la experiencia (según la intuición y los conceptos), es *posible*.
- //2do. Lo que está interconectado con las condiciones materiales de la experiencia (con la sensación), es *efectivamente* real.
- 3ro. Aquello cuya interconexión con lo efectivamente real está determinada según condiciones universales de la experiencia, es (existe) *necesariamente*.

[B266] 4. LOS POSTULADOS DEL PENSAR EMPÍRICO EN GENERAL

III.1 Introducción.

En este capítulo, si bien nos habremos de remitir a partes importantes de la Lógica Trascendental, el objetivo no radica en revisarla minuciosamente; el objetivo del capítulo tiene que ver, primeramente, con establecer los conceptos de objeto y experiencia en Kant, y su relación con el espacio y el tiempo, por lo que a partir de lo tratado, estaremos en condiciones de establecer lo que llamaremos: una “ontología de la experiencia”, de carácter trascendental. En atención a lo anterior, podremos responder, con ciertos matices, a algunas cuestiones como las siguientes:

- ¿Cómo se constituye la experiencia del *objeto* espacio, del *objeto* tiempo, y a su vez: qué es una representación del espacio y el tiempo en las teorías de la física?
- ¿En qué sentido las condiciones subjetivas del pensar poseen validez objetiva?
- ¿Qué posibilita el conocimiento de los objetos, y cómo es que éstos poseen un carácter espacio-temporal?
- ¿En qué términos la experiencia humana constituye un remitente de la objetividad?

- ¿Existen dos dimensiones del mundo fenoménico, por los que transita la experiencia humana?

Asimismo, estructuraremos lo que aquí hemos llamado una teoría de la constitución de los objetos de experiencia de carácter kantiano, primeramente a partir de la lectura de la *Analítica Trascendental*, y complementada en términos del concepto de “ontología de la experiencia”, esto es, la manera en que se constituyen los objetos en las teorías de la física, y que, a modo de ejemplo, la veremos ilustrada en el marco de la física newtoniana y la teoría de la relatividad general.

En atención a lo mencionado, se identificará la función, cooperación, alcances, etc., del espacio y el tiempo, en la actividad del conocimiento humano, de manera que se logre identificar a su vez cómo los conceptos de objeto, objetividad y experiencia, derivados de Kant, están en concordancia con ciertas consecuencias filosóficas y experimentales de la teoría de la relatividad general.

Así, la sección III.2 se ocupará de los conceptos de objeto y experiencia, a partir de una lectura de la *Deducción Metafísica*; la sección III.3, alrededor de los conceptos anteriores, se enfocará en una revisión de la *Deducción Trascendental*; la sección III.4 tratará sobre algunos aspectos importantes de las secciones restantes de la *Lógica Trascendental* (*Esquematismo*, *Principios del Entendimiento Puro*, *Analogías de la experiencia* y *Postulados del Pensamiento Empírico*); en la sección III.5, se hará una lectura sucinta de los *Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza*, donde a su vez, estableciendo el concepto de “ontología de la experiencia” (la manera de constituir objetos en física), se podrá extender lo tratado al caso específico de la relatividad general.

En el presente capítulo, mostramos que toda experiencia posible en el marco epistémico de una teoría de la física, corrobora una teoría de la constitución del objeto de experiencia¹¹⁶, cuya objetividad resulta sustentada tanto por la constitución del objeto, apelando a principios cognitivos *a priori*; materiales (instrumentos de

¹¹⁶ Podrá ir viéndose a lo largo del capítulo, cómo el criterio de objetividad propio de la física moderna, en cuanto a la constitución de los objetos, las propiedades observables, etc., permiten identificar ciertos aspectos trascendentales.

medida); y epistémicos (frameworks de las teorías); como por el mismo hecho de haberse llevado a cabo dicha experiencia¹¹⁷.

III.2 Unidad de las representaciones. La Deducción Metafísica.

En una lógica trascendental aislamos el entendimiento (tal como antes, en la estética trascendental, la sensibilidad) y destacamos, de nuestro conocimiento, sólo aquella parte del pensar que tiene su origen únicamente en el entendimiento.

[B87]

La presente sección tiene que ver con la *analítica de los conceptos*, sobre cómo son deducidos los conceptos puros del entendimiento y su función con respecto a las representaciones en la intuición, y las funciones lógicas del juicio. Como bien lo menciona Kant: “Pensar es el conocimiento por conceptos. Los conceptos, empero, como predicados de juicios posibles, se refieren a alguna representación de algún objeto (*Gegenstand*¹¹⁸) todavía indeterminado.” <A69>[B94] Cabe señalar que a los conceptos puros del entendimiento, los llama Kant *categorías*, y asimismo, el significado de *objeto* quedará determinado por el análisis de dichas categorías.

Para Kant, el conocimiento humano, que ha de poseer validez objetiva, requiere de una coordinación, de una *cooperación* entre intuiciones (referidas a la sensibilidad) y conceptos (referidos al entendimiento). “Intuición y conceptos constituyen, por tanto, los elementos de nuestro conocimiento; de modo que ni los conceptos, sin una intuición que de alguna manera les corresponda, ni tampoco la intuición, sin conceptos, pueden producir un conocimiento.” <A51>[B75]

¹¹⁷ Aquí postulamos que la constitución de objetos de experiencia, en el caso de la física, por ejemplo, se lleva a cabo en lo que llamaremos una “ontología de la experiencia”, la cual implica tanto condiciones formales cognitivas (intuiciones y categorías), como condiciones materiales y epistémicas.

¹¹⁸ Como bien menciona Allison, es importante identificar en Kant dos sentidos del término *objeto*. “En tanto que la concepción de objeto está vinculada a la de juicio, la validez objetiva acompaña a la concepción lógica o judicativa del objeto (objeto en *sensu lógico*). Este es un sentido demasiado amplio de *objeto*, que abarca todo lo que puede ser usado como sujeto en un juicio. El término que Kant usa generalmente, al menos en la <<Deducción>>, para designar un objeto en este sentido es *Objekt*. En correlación, la noción de realidad objetiva está conectada con un sentido <<real>> de objeto, i. e., con un objeto en el sentido de una entidad real o actual (es decir, un objeto de posible experiencia). El término que Kant usa para designar un objeto en este sentido es *Gegenstand*.” (Allison 1992, p. 221)

Queda aquí lugar para la afirmación de Roberto Torretti (2007):

La novedad perdurable del enfoque kantiano radica en la noción de que los objetos que son los referentes del discurso epistémico, trátense de cosas y sus atributos, situaciones y procesos, no son *dados* sino *constituidos*, articulados en el flujo del devenir por nuestra propia actividad regulada de composición o “síntesis”. En una palabra: la objetividad es un *logro*, no un *don*. (p. 15)

III.2.1 La Analítica de los Conceptos.

Si la Estética Trascendental aisló a la sensibilidad y a sus formas puras (espacio y tiempo), la Lógica Trascendental “se ocupa meramente en las leyes del entendimiento y de la razón, pero solamente en la medida en que está referida *a priori* a objetos.” [B82] Así, Kant hace la distinción entre lo *a priori* (espacio y tiempo) referido a la sensibilidad, y lo *a priori* (categorías) referido al entendimiento. Esto último es de lo que ahora nos ocuparemos.

En la segunda edición (B) de la *KrV*, el Libro Primero de la Analítica Trascendental se divide en dos capítulos. El primero, titulado: *Del hilo conductor para el descubrimiento de los conceptos puros del entendimiento* (Deducción Metafísica), trata sobre “los *conceptos* del entendimiento puro”, dígame categorías (*Kategorien*). Habrá de decir que: “Categorías son las formas acorde a las cuales los objetos de experiencia son estructurados y ordenados.” (Caygill 2009, p. 102)¹¹⁹ A la vez, cabe aclarar que “el conocimiento de todo entendimiento, [o] al menos, del humano, es un conocimiento por conceptos, no intuitivo, sino discursivo¹²⁰.” <A68>[B93] De aquí que, en la deducción de los conceptos puros del entendimiento, Kant recurra a la función lógica y características del juicio (*Urtheile*) para aislar las categorías. Es

¹¹⁹ “Categories are the forms according to which objects of experience are structured and ordered.” Todas las traducciones del inglés serán mías.

¹²⁰ A lo largo del capítulo, podrá identificarse que, en cierto sentido acorde con Coffa (2005), el hecho de que Kant postule que el conocimiento humano es el conocimiento por conceptos, es decir: discursivo, lo que posibilitó lo que el autor llama: “la tradición semántica”, en relación con el positivismo lógico, y su fuerte oposición a la existencia de lo sintético *a priori*. “La tradición semántica puede ser definida por su problema, su enemigo, su objetivo y su estrategia. Su problema fue lo *a priori*, su enemigo, la *intuición pura* de Kant, su propósito, desarrollar una concepción de lo *a priori* en la cual la intuición pura no jugara ningún papel; su estrategia, basar esa teoría en un desarrollo de la semántica.” (Coffa 2005, p. 47-8)

decir, las categorías no pueden derivarse de lo dado en la intuición. Al ser principios intelectuales, las categorías deben poder identificarse como “jugando” una determinada función en cuanto al juicio se refiere. “En cada juicio hay un concepto que vale por muchos, y bajo este muchos comprende también una representación dada, la cual, última, es referida inmediatamente al objeto.” <A68>[B93]

Si bien, el juicio contiene un conocimiento mediato de un objeto, también constituye una “unidad entre nuestras representaciones”, por lo que la facultad del entendimiento ha de entenderse como una facultad para hacer juicios, y además: “Pero todas las acciones del entendimiento podemos reducirlas a juicios, de manera que el *entendimiento* en general puede ser representado como una *facultad de juzgar*. Pues él, según lo precedente, es una facultad de juzgar.” <A69>[B94]

Kant afirma que es posible “encontrar” las categorías en las funciones lógicas del juicio, es decir: “Todas las funciones del entendimiento pueden, por consiguiente, ser halladas, si se puede exponer de manera completa las funciones de la unidad en los juicios.” (*Íbidem*) Por lo que, al hacer abstracción de todo contenido del juicio, y atendiendo sólo a su forma intelectual, Kant estructura la función del pensar en general (función de los juicios) bajo cuatro estadios, que a su vez contiene, cada uno, tres momentos. La siguiente tabla muestra tal caracterización <A70>[B95]:

	1	
	<i>Cantidad de los juicios</i>	
	Universales	
	Particulares	
	Singulares	
2		3
<i>Cualidad</i>		<i>Relación</i>
Afirmativos		Categóricos
Negativos		Hipotéticos
Infinitos		Disyuntivos
	4	

Modalidad
Problemáticos
Asertóricos
Apodócticos

Una vez presentada la tabla de la función de los juicios, Kant se dedica a hacer ciertas precisiones con respecto a cada uno de los tipos de juicios. Aunque finalmente, hemos de decir que la teoría kantiana del juicio entiende a éstos como “funciones de unidad de nuestras representaciones”, por lo que, en base al tipo de juicio es que han de operar diversas formas que dan unidad a determinadas representaciones en el juicio.

Con todo esto, es factible afirmar que para Kant, en cierto sentido, la experiencia de un objeto consiste en llevar a cabo un acto de juicio¹²¹, mediante la apelación a ciertos principios (conceptos puros del entendimiento), y a su vez, habrá que entender que la experiencia no es una mera receptividad de un múltiple en la sensibilidad. Por tanto: “Un objeto de posible experiencia es el correlato de una cierta clase de juicio (un <<juicio de experiencia>>)”.

Ahora bien, Kant nos dice que de las formas lógicas del juicio pueden abstraerse las *categorías* (conceptos puros del entendimiento), y por lo visto líneas arriba, un juicio de experiencia ha de a su vez “contener” ciertas categorías, aunque, como se verá más adelante: “Para relacionar las categorías a la experiencia, ellas deben cada una tener un “esquema” o ser “esquemáticas”. Hablando en general, el esquema de una categoría es una interpretación de la categoría que hace su aplicación a la experiencia fácil de captar.” (Dicker 2004, p. 66)¹²² El esquema puede entenderse como una “representación mediadora”, tanto sensible como intelectual.

¹²¹ Los aspectos y características del tipo de juicio que nos interesa: el juicio sintético *a priori*, se trataron en el capítulo II.

¹²² “For the categories to relate to experience, they must each have a “schema” or be “schematized”. Roughly speaking, a category’s schema is an interpretation of the category that makes its application to experience easier to grasp.”

Si bien, la teoría kantiana de los juicios ha sido susceptible de diversas críticas¹²³, para nuestros intereses, nos apegamos a la idea de Kant de que toda experiencia posible apela a la existencia de reglas o principios, los cuales pueden identificarse en las funciones lógicas del juicio. Tales principios son las categorías. Así, en el §10 de la *KrV*, Kant nos dice:

Lo primero que debe sernos dado *a priori* para el conocimiento de todos los objetos, es lo *múltiple* (*Mannigfaltige*) de la | intuición pura; la *síntesis*¹²⁴ de este múltiple por la imaginación¹²⁵ es lo segundo, pero todavía no suministra conocimiento alguno. Los conceptos, que le dan *unidad* a esa síntesis pura, y que consisten solamente en la representación de esta unidad sintética necesaria, hacen lo tercero para el conocimiento de un objeto que se presenta, y se basan en el entendimiento. <A79>

La función del entendimiento es “llevar esa síntesis a conceptos”, por lo que, como Kant menciona más adelante: “La misma función que da unidad a las diversas representaciones *en un juicio*, le da también // unidad a la mera síntesis de diversas representaciones *en una intuición*; [función] que, expresada de manera universal, se llama el concepto puro del entendimiento.” [B105] Kant considera haber mostrado que existe un “contenido trascendental” en las representaciones de la síntesis (*Synthesis*), que llegan a identificarse en las formas lógicas del juicio, lo que para él la lógica general no puede hacer. Además, el “contenido trascendental” se refiere a

¹²³ En términos generales, muchas de las críticas giran en torno de la concepción kantiana de la lógica, sobre todo por los avances de esta ciencia llevados a cabo en el siglo XIX, en donde se llega a estructurar una teoría más completa del juicio (ver por ejemplo Dicker (2004)). A su vez, Jonathan Bennett (1999) considera que la teoría kantiana del juicio adolece en ciertos aspectos, en el sentido de que existen juicios que no necesariamente forman una clase funcional, y tal que ejemplifiquen la forma lógica del juicio planteada por Kant; por ejemplo, los juicios necesarios no constituyen una clase funcional de juicios apodícticos; asimismo, para Bennett la distinción forma/contenido no es absoluta en los juicios, resulta relativa precisamente a la hechura de los juicios. Para otros autores como Michael Young (1992), Kant no da razones suficientes para presentar su tabla de las funciones lógicas del juicio, pues a su vez, considera que la relación entre la tabla de los juicios y el tratamiento de las categorías es bastante oscura. Existen muchos autores que han señalado éstas y otras dificultades, sin embargo, entrar en el análisis de dichas controversias rebasa por mucho los objetivos de la presente tesis.

¹²⁴ Kant ya ha definido lo que en términos generales ha de entender por *síntesis*: “Entiendo por *síntesis*, en la significación más general, la acción de añadir unas a otras representaciones, y de comprender su multiplicidad en un conocimiento. Una síntesis tal es *pura*, si el múltiple no es dado empíricamente, sino *a priori* (como el [que se encuentra] en el espacio y en el tiempo).” [B103]

¹²⁵ Síntesis de la imaginación es una *unidad figurativa*. En la Deducción Trascendental Kant distingue tres tipos de síntesis: “1) la *sinopsis* de lo múltiple *a priori* por el sentido; 2) la *síntesis* de ese múltiple por la imaginación; y finalmente 3) la *unidad* de esa síntesis por la apercepción originaria.” En la siguiente sección se tendrá oportunidad de tratar a fondo este concepto.

los conceptos puros del entendimiento o categorías, los cuales se refieren *a priori* a objetos. De aquí, surge un conjunto de conceptos puros o categorías, cuyo número es similar al de las funciones lógicas del juicio. Dicho todo esto, se establece la siguiente *Tabla de las categorías* [B106]:

	1	
	<i>De la cantidad:</i>	
	<i>Unidad</i>	
	<i>Pluralidad</i>	
	<i>Totalidad</i>	
2		3
<i>De la cualidad:</i>		<i>De la relación:</i>
<i>Realidad</i>		<i>de inherencia y subsistencia (substantia et</i>
<i>Negación</i>		<i>accidens)</i>
<i>Limitación</i>		<i>de causalidad y dependencia (causa y efecto)</i>
		<i>de comunidad (acción recíproca entre el agente y</i>
		<i>el paciente</i>
	4	
	<i>De la modalidad:</i>	
	<i>Posibilidad-</i>	
	<i>imposibilidad</i>	
	<i>Existencia-no</i>	
	<i>existencia</i>	
	<i>Necesidad-</i>	
	<i>contingencia</i>	

Siguiendo a Kant: “Ésta es, pues, la lista de todos los conceptos originariamente puros de la síntesis, [conceptos] que el entendimiento contiene en sí *a priori*, y sólo en virtud de los cuales él es un entendimiento puro; pues sólo por ellos él puede entender algo en lo múltiple de la intuición, es decir, puede pensar un objeto

de ella.”¹²⁶ [B106] Kant ha establecido estas categorías en términos del análisis de las funciones lógicas del juicio, y además, afirma que a esta tabla pueden agregársele algunos *conceptos derivados*. Por ejemplo: “a la categoría de causalidad se le subordinan los predicables de la fuerza, de la acción, de la pasión; a la de comunidad, las de presencia, de resistencia; a los predicamentos de la modalidad, los [predicables] del surgir, del perecer, de la alteración, etc.” [B108] Finalmente, los comentarios de Kant a las categorías, y que complementan lo que se ha llamado Deducción Metafísica, los desarrolla en los §11 y §12.

Así, en el §11 establece tres observaciones:

Primera: la tabla se divide en dos secciones, 1ª, dirigida a los objetos de la intuición (pura y empírica); 2ª, referente a la existencia de dichos objetos (en relación con otros objetos, o en relación con el entendimiento). Esta clasificación es la bien conocida distinción entre “categorías matemáticas”¹²⁷ y “categorías dinámicas”¹²⁸.

Segunda: al contener cada clase tres categorías, es menester señalar que la tercera categoría de cada clase implica una conjunción de las dos anteriores. “Así, la *totalidad* (totalidad) no es sino pluralidad considerada como unidad; la *limitación* no es sino realidad enlazada con negación; la comunidad es la *causalidad* de una substancia en la determinación de la otra de manera recíproca; finalmente la *necesidad* no es sino la existencia que está dada por la posibilidad misma.” [B111] Aunque dicha conjunción implica un acto particular del entendimiento.

Tercera: “En [el caso de] una única categoría, a saber, la de *comunidad*, que se encuentra bajo el título tercero, // no es tan obvia como en las demás la concordancia

¹²⁶ Mucho se ha criticado a Kant sobre por qué el número de las categorías es precisamente éste. Algunos de sus críticos consideran que resulta insuficiente, a la par de la no universalidad y atemporalidad de éstas, entre otras cosas; sin embargo, la mayoría de los críticos, que si bien señalan ciertos puntos dignos de atención, no llegan a dar argumentos suficientes para no aceptar, en gran medida, el carácter de dicha tabla, además de que no establecen adecuadamente cuáles serían las “categorías faltantes”.

¹²⁷ *De la cantidad:* Unidad, Pluralidad, Totalidad; *De la cualidad:* Realidad, Negación, Limitación.

¹²⁸ *De la relación:* De inherencia y subsistencia, de causalidad y dependencia, de comunidad; *De modalidad:* Posibilidad-imposibilidad, existencia-no-existencia, necesidad-contingencia.

con la forma de un juicio discursivo, que le corresponde a él en la tabla de las funciones lógicas.” [B112]

Kant trata de establecer ciertos requisitos para afirmar que se tiene conocimiento de un objeto, puesto que en dicho conocimiento hay tanto unidad del concepto (que él llama “unidad cualitativa”) como cierta *verdad*, expresada en las consecuencias verdaderas que le siguen al concepto (“pluralidad cualitativa”), y además, hay lo que él llama *perfección*, pues la pluralidad cualitativa conduce de nuevo al concepto, de manera que hace una unidad del concepto (“integridad cualitativa”) lo que puede denominarse: totalidad. Es decir:

El criterio de la posibilidad de un concepto (no del objeto de ellos) es la definición, en la cual la *unidad* del concepto, la *verdad* de todo lo que inmediatamente puede ser deducido de él, y finalmente la *integridad* de lo que de él se ha extraído, constituyen lo que se puede exigir para la producción del concepto completo. [B115]

No es que Kant esté “agregando” más categorías, al explicar la “función” de los conceptos de unidad, verdad e integridad, sino simplemente trata de mostrar un carácter lógico de éstos, no un carácter trascendental, como sí es el caso de las categorías o conceptos puros del entendimiento, condiciones formales, inteligibles para la constitución de todo objeto de experiencia. En este sentido, las categorías constituyen a su vez condiciones para juicios tanto sintéticos como analíticos. Cabe señalar que resulta poco aceptable entender a las categorías, a la manera de Norman Kemp Smith (1998), en términos de una distinción entre <<pensamiento sintético o creativo>> y <<pensamiento analítico o discursivo>>¹²⁹. Kant considera a las categorías como las condiciones del pensar humano, en tanto que este último se

¹²⁹ En este sentido, Kant mismo ha dicho: “El conocimiento de todo entendimiento, [o] al menos, del humano, es un conocimiento por conceptos, no intuitivo, sino discursivo.” [B93] Consideramos que la interpretación de Kemp Smith adolece en ésta y otras partes de su “lectura de Kant”, llevada a cabo en *A Commentary to Kant’s Critique of Pure Reason*, pp. 174-201.

expresa en las funciones lógicas del juicio, y por algo, las categorías constituyen condiciones del juicio¹³⁰.

Asimismo, a tenor de Kant: la lógica general y la lógica trascendental se ocupan de las reglas del entendimiento, aunque a distintos niveles. Además, ambas tratan sobre cómo se lleva a cabo la “unificación o síntesis de representaciones”, mediante determinadas “funciones de unidad”, que pueden identificarse en las funciones del juicio, pero esto último sólo la lógica trascendental llega a hacer. Lo que hay que entender, a diferencia de diversas críticas a esta parte de la *KrV*¹³¹, es que cualquier tipo de juicio, ya sea analítico o sintético, siempre se refiere a un “acto de síntesis”, a una unificación de diversas “representaciones en una conciencia”, por lo que las funciones lógicas del juicio reflejan fielmente las distintas formas de dicha unificación¹³². En este último sentido, se llega a ver que el entendimiento posee una “función objetivante”, puesto que sintetiza tanto el múltiple dado en la intuición, como sus formas puras. Las funciones lógicas del juicio, por tanto, *exponen* dicha síntesis. Se plantea así, no una relación de dependencia entre la tabla de las categorías y los juicios, sentido este último en el que ha sido tradicionalmente interpretado gran parte del aparato teórico de la Deducción Trascendental. Consideramos que la relación es más bien de reciprocidad.

Dicho lo anterior, la Deducción Metafísica establece las bases para una teoría de la constitución de los objetos de experiencia, en términos de principios *a priori*.

En atención a lo anterior, veremos que la objetividad en física (sección III.5), radica en la manera en cómo es constituido un objeto de experiencia, la cual atiende a condiciones *a priori*; marcos epistémicos (*frameworks* de teorías); y condiciones

¹³⁰ Michael Young (1992) ha pretendido señalar que la relación entre la tabla de las funciones del juicio y la tabla de las categorías es bastante oscura, lo cual ha sido señalado por otros intérpretes de Kant, sin embargo, resulta irrelevante atender a dichas críticas, dados los intereses de la presente tesis.

¹³¹ En relación a esta problemática pueden consultarse: Kemp Smith (1918/1998), Strawson (1966), Paton (1967), Guyer (1987), Dicker (2004), etc.

¹³² H. J. Paton (1967) ha señalado la tan comentada *debilidad* del argumento kantiano sobre por qué las categorías, al ser “principios de síntesis” (en el sentido de conceptos constitutivos de objetos de experiencia), es que pueden ser a su vez las formas de un juicio analítico, de ahí, según el autor, la inclusión tanto de las fallas de la concepción de Kant de los juicios sintéticos *a priori*, como de lo *incompleto* de la Deducción Metafísica, y el por qué finalmente, según Paton, Kant equipara la lógica general con la lógica trascendental. Asimismo, Henry E. Allison (1992) ha hecho notar cómo los conceptos puros (categorías) son a su vez las formas de juicios analíticos y sintéticos, de manera que sobra considerar que esta pretendida debilidad de la deducción de las categorías a partir de las funciones lógicas del juicio, incide negativamente sobre el argumento de la Deducción Metafísica.

materiales (aparatos de medida); que en conjunción posibilitan la experiencia del objeto. Y precisamente, tanto la física newtoniana como la relatividad general, corroboran lo que hemos llamado: una “ontología de la experiencia”, es decir, la manera en que se constituyen objetos, que involucra la *coordinación* de los elementos mencionados, estableciendo a su vez condiciones de objetividad. Por tanto, la teoría de la constitución de los objetos de experiencia de tipo kantiana, como la que estamos postulando, atiende a cómo se lleva a cabo la interrelación entre observador y mundo sensible, de aquí que la objetividad comienza con establecer un criterio de objetividad, que define lo que llamamos una “ontología de la experiencia”: marcos epistémicos (ontología de las teorías, ecuaciones matemáticas); condiciones epistemológicas (aspectos subjetivos del conocimiento: intuiciones y categorías, y en relación con la condición de “observador”); y condiciones materiales (aparatos de medida).

Para concluir la presente sección, basta mencionar que Independientemente de la supuesta oscuridad o carácter inconcluso de la tabla de las categorías (ver por ejemplo: Young (1992), Bennett (1999)), en su relación con las funciones lógicas del juicio, entre otras críticas, la Deducción Metafísica ofrece sustancialmente las bases mínimas para una *teoría* de la constitución de los objetos de experiencia¹³³.

Kant postula un conjunto de principios formales básicos del carácter inteligible del conocimiento humano, dando a su vez la posibilidad de estructurar una concepción de cómo ha de constituirse un objeto de experiencia en las ciencias¹³⁴.

¹³³ La constitución de los objetos de experiencia en el ámbito de la física moderna, y específicamente en la relatividad, contiene cierto carácter trascendental, como tendremos oportunidad de ver. Ahora bien, a pesar de que en muchos círculos académicos contemporáneos se maneja cierta oposición a la manera kantiana de la constitución de los objetos, debido a la supuesta no existencia de los juicios sintéticos *a priori* en relatividad (espacio-tiempo no-euclidiano) y mecánica cuántica (invalidez del principio de causalidad y de la permanencia de la sustancia), y a su vez sobre todo por el papel de los <<aparatos de medición>>, y lo que ha de entenderse por “hacer una medición”, “llevar a cabo una observación”, etc.; como dijera Peter Mittelstaedt (1994): “En otras palabras, también en la física moderna uno requiere objetividad de la cognición, lo cual es uno de los orígenes del sistema de Kant de las categorías.” (“On other hand also in modern physics one requires objectivity of the cognition, which is one of the origins of Kant’s system of categories.”) (p. 115) En una perspectiva similar, pero más amplia, puede consultarse Michael Bitbol *et. al.* (2009).

¹³⁴ Peter Mittelstaedt (2009) ha señalado con propiedad, un aspecto interesante de lo que podríamos llamar “una teoría de la constitución de los objetos de experiencia”, parte importante del presente capítulo. Para el autor, toda teoría de la constitución de objetos de experiencia está sustentada en aquellos requerimientos de lo que se ha de entender por “objetividad”: “La constitución de objetos de experiencia para nuestras percepciones y

Así, todo objeto de experiencia ha de atender a principios *a priori* sensibles (espacio y tiempo) e inteligibles (categorías); y asimismo, en el ámbito de la ciencia, las posibles representaciones y/o conceptos, de dichos principios, de acuerdo al marco epistémico de la teoría. Para el caso del espacio y el tiempo, por ejemplo, éstos obedecen a una estructura específica (matemática), que forma parte de un marco epistémico propio (sistemas teóricos), en conjunción con condiciones materiales (instrumentos de medida). La multiplicidad espacio-tiempo, en que se constituyen los objetos de experiencia de la relatividad, permite apelar a una teoría de la constitución de los objetos de experiencia como la que estamos postulando, pues el *conocimiento* de objetos atiende también a: principios *a priori*, cognitivos, propios del sujeto cognitivo; y principios *a priori* en sistemas teóricos (matemáticos) a la vez de las leyes propias de una teoría; así como a sistemas materiales (instrumentos); y atiende a su vez al carácter de la interrelación entre observador y mundo sensible, lo que nos conduce de nuevo a Kant. A la sazón de Thomas Nagel: “Todo progreso en objetividad subsume nuestro primer entendimiento bajo un nuevo acuerdo de nuestra relación mental con el mundo.” (*cit.* en Carl 1994, p. 177)¹³⁵

En la Deducción Metafísica, Kant nos ofrece las bases de una teoría de la constitución de los objetos de experiencia. Cómo funciona la *actividad* del entendimiento, en conjunción con los principios sensibles, sus esquemas y funciones, etc., será el objetivo de la Deducción Trascendental, quizá la parte de la Analítica Trascendental, o de toda la *Krv*, que más controversias ha despertado, debido sobre todo a su supuesta *oscuridad*¹³⁶.

observaciones comienza con el requerimiento de objetividad.” (“The constitution of ‘objects of experience’ from our perceptions and observations starts with the requirement of *objectivity*.”) (p. 171) Tomando esta línea neokantiana, surgen cuestiones a su vez acerca de lo que entendemos por observación y medición en las ciencias; en el caso de la relatividad, resulta evidente que es factible atender a ello, si atendemos principalmente a la cuestión: ¿qué son el espacio y el tiempo como objetos de una posible experiencia?

¹³⁵ “For the categories to relate to experience, they must each have a “schema” or be “schematized”. Roughly speaking, a category’s schema is an interpretation of the category that makes its application to experience easier to grasp.”

¹³⁶ *Cfr.* “Pero a pesar de los esfuerzos de Kant en la clarificación, la intervención de dos siglos ha brindado un pequeño acuerdo en la interpretación de la deducción, incluso de la pregunta fundamental de si las dos ediciones de la *Crítica*, en 1781 y 1787, tratan de responder la misma cuestión por el mismo argumento. Las últimas tres décadas por sí solas han brindado en lo sucesivo decenas de competentes investigaciones o “reconstrucciones” de la deducción trascendental de Kant.” (“But in spite of Kant’s efforts at clarification, the intervening two centuries have brought little agreement in the interpretation of the deduction, even of the fundamental question of whether the two editions of the *Critique*, in 1781 and 1787, try to answer the same question by means of the same

III.3 Naturaleza de la objetividad. La Deducción Trascendental.

Ahora tenemos ya dos clases de conceptos de especie enteramente diferente, que concuerdan empero entre sí en que ambas se refieren enteramente *a priori* a objetos; a saber, los conceptos del espacio y del tiempo, como formas de la sensibilidad, y las categorías, como conceptos del entendimiento.

<A85>[B118]

En términos generales, la Deducción Trascendental¹³⁷ es la explicación de cómo los conceptos puros del entendimiento (categorías) pueden referirse *a priori* a objetos, es decir, Kant está asentando, de una u otra forma, un criterio de objetividad del conocimiento humano. A su vez, al principio de la Deducción Trascendental Kant se refiere a lo que él llama “cuestión de derecho” (*quid juris*), la “pretensión legítima”, por algo la deducción es una prueba del uso de los conceptos puros del entendimiento. Sin embargo, no hay que olvidar que alrededor de estas primeras precisiones de la Deducción Trascendental, está presente una cuestión a la que Kant pretende dar respuesta: ¿cómo la condición subjetiva del pensar puede llegar a tener validez objetiva?

De entrada, habría de decir que la Deducción Trascendental pretende a su vez fundamentar la manera en que los objetos son constituidos en la experiencia:

La deducción trasc. de todos los conceptos *a priori* tiene, pues, un principio al cual tiene que dirigirse toda la investigación, a saber, éste: que ellos deben ser conocidos como condiciones *a priori* de la posibilidad de la experiencia (ya sea de la intuición que se encuentra en ella, o del pensar). Precisamente por eso son necesarios conceptos que suministren el fundamento objetivo de la posibilidad de la experiencia.

<A94>

argument. The last three decades alone have brought forth dozens of competing interpretations or “reconstructions” of Kant’s transcendental deduction.”) (Guyer 1992, p. 123)

¹³⁷ “Llamo a la explicación de la manera como conceptos pueden referirse *a priori* a objetos, la *deducción trascendental* de ellos, y la distingo de la deducción *empírica*, que muestra la manera como un concepto ha sido adquirido por experiencia y por reflexión sobre ésta, y que por tanto no concierne a la legitimidad, sino al hecho por el cual se ha originado la posesión.” <A85>

Por algo, Kant tiene que establecer lo que él llama “fuentes originarias”, aquéllas que hacen posible la experiencia de objetos¹³⁸.

Mas hay tres fuentes originarias (capacidades o facultades del alma) que contienen las condiciones de posibilidad de toda experiencia, y que no pueden ser deducidas, a su vez, de ninguna otra facultad de la mente; a saber: *sentido*, *imaginación* y *apercepción*. En ellas se funda 1) la *sinopsis* de lo múltiple *a priori* por el sentido; 2) la *síntesis* de ese múltiple por la imaginación; y finalmente 3) la *unidad* de esa síntesis por la *apercepción* originaria. [B127]

En este último sentido es que, para tener una mejor comprensión de la Deducción Trascendental, consideramos hacer una lectura que señale la distinción entre la versión (A) y la (B).

¹³⁸ Cabe aclarar que muchos intérpretes de Kant tienden a distinguir entre la primera edición (A) y la segunda (B), como si el tratamiento y los resultados de la Deducción Trascendental fueran distintos en dichas ediciones. Puede verse por ejemplo Guyer (2010), donde el autor afirma que en la A-Deducción Kant: “Alcanza la conclusión de que toda cognición de objetos envuelve conceptos, pero entonces invocando la premisa clave que los conceptos deben ser usados en los juicios y por tanto sus formas deben complementar las funciones del juicio, Kant asegura que los conceptos envuelven una clase de necesidad tal que pueden solamente ser fundamentados en la unidad de la *apercepción*.” (“Reaches the conclusion that all cognition of objects involves concepts, but instead of then invoking the premise from the clue that concepts must be used in judgments and therefore their forms must complement the functions of judgment, Kant claims that concepts involve a kind of necessity that can only be grounded in the transcendental unity of *apperception*.”) (p. 130); de manera que en la segunda versión (B), Kant trata de resolver ciertos defectos de la primera (A), dado que: “En esta versión, Kant expone la Deducción en dos fases. Primero, bastante al comienzo con la temporalidad del sentido interno y así para los materiales de toda cognición, Kant abstrae del carácter temporal de nuestra experiencia y atiende a establecer una directa conexión entre la unidad de la *apercepción* y el juicio y así las categorías. En la segunda fase del argumento, Kant reintroduce específicamente el carácter temporal de toda nuestra intuición (y el carácter espacial de alguna de ellas, nuestras intuiciones del sentido externo), y entonces hace dos puntos principales: primero, el punto negativo o crítico tal que la aplicación de las categorías a dichos datos significa que las categorías dan paso solamente a la cognición de apariencias, incluso en el caso del autoconocimiento; y segundo, el punto positivo de que las categorías son condiciones necesarias no solamente para la unidad de la *apercepción* en abstracto, pero para la unidad del espacio y el tiempo en concreto.” (“In this version, Kant expounds the Deduction in two phases. First, rather than beginning from the temporality of inner sense and thus of the materials for all cognition, Kant abstracts from the temporal character of our experience and attempts to establish a direct connection between the unity of *apperception* and judgment and thus the categories. In the second phase of the argument, Kant reintroduces the specifically temporal character of all of our intuition (and the spatial character of some of it, our intuitions of outer sense), and then makes two chief points: first, the negative or critical point that the application of the categories to such data means that the categories yield cognition of appearances only, even in the case of self-knowledge; and second, the positive point that the categories are necessary conditions not only for the unity of *apperception* in the abstract but for the unity of space and time in the concrete.”) (*Ibidem*, p. 139) Para nuestros intereses, nos apegamos a la idea de Allison (1983), en cuanto a que en la B-Deducción el argumento principal tiene que ver con mostrar la conexión entre las condiciones sensibles e intelectuales del conocimiento, y de aquí conducirnos por un camino más diáfano sobre cómo son constituidos los objetos de experiencia.

III.3.1 La Deducción (1781).

La versión de 1781 abarca: *Sección segunda de la deducción de los conceptos puros del entendimiento*. De los fundamentos *a priori* de la posibilidad de la experiencia (<A95-114>), y *Sección tercera de la deducción de los conceptos puros del entendimiento*. De la relación del entendimiento con objetos en general, y de la posibilidad de conocerlos *a priori* a éstos (<A115-30>).

*Síntesis de la aprehensión en la intuición.*¹³⁹

Entre las fuentes subjetivas del conocimiento, la síntesis de la aprehensión en la intuición es la que permite “aprehender representaciones como modificaciones de la mente en la intuición”. Por tanto, sea cual sea la causa de las representaciones, éstas estarán sometidas al sentido interno, es decir, al tiempo: “todos nuestros conocimientos están sometidos, en último término, a la condición formal del sentido interno, a saber, al tiempo, en el cual todos ellos deben ser ordenados, conectados, y puestos en relaciones.” <A99> Es decir, el tiempo nos permite distinguir una sucesión de impresiones, y asimismo, de representaciones. La mente “recibe” un múltiple dado, el cual habrá de ser ordenado y representado mediante esta “síntesis de la aprehensión”, de tal forma que:

Para que de este múltiple resulte unidad de la intuición (como, por ejemplo, en la representación del espacio), es necesario en primer lugar el recorrer la multiplicidad, y luego el reunirlo a él; acción que llamo *síntesis de la aprehensión* porque está dirigida directamente a la intuición, la cual ofrece, por cierto, un múltiple, pero no puede nunca

¹³⁹ Cabe aclarar que a partir de aquí, donde comienza lo que en la *KrV* Kant denomina: “Segunda sección de la deducción de los conceptos puros del entendimiento. *De los fundamentos a priori de la posibilidad de la experiencia*” (<A95-A130>), corresponde a la versión (A) de la Deducción (1781), en la cual, para la mayoría de los intérpretes, no quedan del todo cubiertos los objetivos de la Deducción; aunque, como dijera Roberto Torretti (1967): “Si examinamos retrospectivamente el camino recorrido por la Deducción de 1781, debemos reconocer que se justifican las quejas de quienes la han hallado oscura y difícil. La terminología es vacilante, hay más de un pasaje oscuro, la argumentación se interrumpe y se repite. Sin embargo, y a pesar de estos defectos, no me parece que sea lícito decir que esta deducción no es concluyente, que no prueba aquello que se propuso probar.” (p. 337-8)

producirlo como tal, y como contenido precisamente *en una representación*, si no concurre a ello una síntesis. <A99>

Uno de los puntos importantes de esta parte, es que Kant está considerando que dicha síntesis debe llevarse a cabo *a priori*, lo que nos lleva a considerar que la síntesis de la aprehensión es pura.

Síntesis de la reproducción en la imaginación.

Como ya tuvo ocasión de señalar Kant, la síntesis de la reproducción, al igual que la de la aprehensión, están fundadas en principios *a priori*. Es decir, la síntesis de la reproducción en la imaginación constituye una de las “acciones trascendentales de la mente”, en este sentido es que puede decirse que mediante la síntesis de la reproducción es que las representaciones pueden asociarse sin la sola presencia del objeto, el cual es “aprehendido como fenómeno”, en un múltiple de representaciones, en la síntesis de la aprehensión en intuición. Por tanto, la síntesis de la reproducción en la imaginación es una de las tres fuentes subjetivas principales, que posibilitan la experiencia de objetos, y habría que decir a su vez que: “La síntesis de la aprehensión está, pues, inseparablemente enlazada con la síntesis de la reproducción. Y como aquélla constituye el fundamento trascendental de la posibilidad de todos los conocimientos en general (no solamente de los empíricos, sino también de los puros *a priori*).”¹⁴⁰ <A102>

Síntesis del reconocimiento en el concepto.

Es necesario que haya una conciencia de pensamiento que unifique las representaciones aprehendidas y reproducidas. La conciencia de sí, que Kant ha de llamar *apercepción*, es precisamente aquélla que realiza la síntesis del reconocimiento en el concepto. Sin embargo, como bien señala Kant: “Y aquí es,

¹⁴⁰ Cabe aclarar que Kant todavía no está dando el paso de la “deducción subjetiva” a la “deducción objetiva”, en el sentido de que más adelante se habrá de enfrascar en dar argumentos del por qué nuestra condición subjetiva del pensar posee validez objetiva. Hasta este momento, lo que Kant está pretendiendo es mostrar cómo toda aprehensión y retención de representaciones implica una actividad de parte de un sujeto.

entonces, necesario explicar qué se quiere decir con la expresión <<un objeto de representaciones>>” <A104> Y un poco más adelante, Kant introduce lo que ha de entenderse por “objeto en general”, de manera que: “Es fácil comprender que ese objeto debe ser pensado sólo como algo en general=X, porque fuera de nuestro conocimiento no tenemos nada que pudiéramos poner frente a ese conocimiento como algo que le correspondiese.” <A104> Pero tal objeto (*Gegenstand*), sólo puede afirmarse como “conocido”, cuando se lleva a cabo una unidad sintética de reconocimiento en el concepto. “Todo conocimiento requiere un concepto, por muy imperfecto u obscuro que éste sea; pero éste es, según su forma, siempre algo universal¹⁴¹, y que sirve de regla.” <A106> Kant está propugnando por la necesidad de un fundamento que haga posible la síntesis de la reproducción en el concepto, la que, a su vez, haga posible la síntesis de los objetos en general, y encuentra dicho fundamento en la apercepción:

Esta condición originaria y trascendental no es otra que la *apercepción trascendental*. | La conciencia de sí mismo según las determinaciones de nuestro estado, en la percepción interior, es meramente empírica, siempre mudable; no puede haber ningún yo estable o permanente en este flujo de fenómenos internos... Debe ser una condición que precede a toda experiencia, y que la hace posible a esta misma, la que pone en vigencia tal presuposición trascendental. <A107>

Kant está afirmando así una conciencia de sí (apercepción), de tal manera que lleve a cabo una síntesis que le dé validez objetiva a la experiencia.

Por consiguiente, la conciencia originaria y necesaria de la identidad de sí mismo es a la vez una conciencia de una unidad igualmente necesaria de la síntesis de todos los fenómenos según conceptos, es decir, según reglas que no sólo los hacen necesariamente reproducibles, sino también determinan, por ese medio, un objeto para la intuición de ellos, es decir, [determinan] el concepto de algo, en el cual ellos están concatenados necesariamente; pues sería imposible que la mente pudiera pensar, *a priori*, la identidad de sí misma en la multiplicidad de sus representaciones,

¹⁴¹ Resulta evidente que Kant se está refiriendo aquí a las categorías o conceptos puros del entendimiento.

si no tuviera ante la vista la identidad de la acción suya, que somete toda síntesis de la aprehensión (que es empírica) a una unidad trascendental, y hace posible, ante todo, su concatenación según reglas *a priori*. <A108>

Lo más relevante de este pasaje es que Kant habla del “concepto de algo”, un objeto determinado para la intuición, es decir, está introduciendo la idea de “objeto trascendental”. Si los objetos nos son dados como fenómenos, éstos, como representaciones, tienen a su vez su propio objeto: “el objeto no empírico, es decir, [el objeto] trascendental=X.” <A109> La referencia al objeto trascendental nos ha de llevar a aceptar que éste es el mismo en todo conocimiento: “El concepto puro de este objeto trascendental (que efectivamente es siempre idéntico=X en todos nuestros conocimientos) es aquello que en todos nuestros conceptos empíricos¹⁴² puede suministrar, en general, referencia a un objeto, es decir, realidad objetiva.” <A109> Finalmente Kant concluye:

La referencia a un objeto trascendental, es decir, la realidad objetiva de nuestro conocimiento empírico, se basará en la ley trascendental de que todos los fenómenos, en la medida en que mediante ellos han de sernos dados objetos, deben estar bajo reglas *a priori* de la unidad sintética de ellos, sólo según las cuales es posible la relación de ellos en la intuición empírica, es decir, que ellos deben estar, en la experiencia, sometidos a condiciones de la unidad necesaria de la apercepción, tal como en la mera intuición [deben estar sometidos] a las condiciones formales del espacio y del tiempo; y aun más: que [sólo] mediante aquélla se hace posible, ante todo, cualquier conocimiento. <A110>

Quedan por tanto establecidos los conceptos de las tres síntesis, a la vez del concepto de objeto trascendental, y a continuación, Kant habrá de enfrascarse en explicar la posibilidad de las categorías en el conocimiento de objetos de experiencia, en lo que él denomina: 4. *Explicación provisoria de la posibilidad de las categorías*

¹⁴² Como bien lo señala Kant, un concepto es empírico: “cuando una sensación (que presupone la presencia efectiva del objeto) está allí contenida.” <A50>[B74]

como conceptos a priori (<A111-A128). De esta forma, queda completada la versión (A) de la Deducción. Así, Kant nos dice:

Las condiciones *a priori* de una experiencia posible en general son a la vez condiciones de posibilidad de los objetos de experiencia. Ahora bien, yo afirmo: que las *categorías* recién mencionadas no son nada más que las *condiciones del pensar, en una experiencia posible, así como el espacio y tiempo contienen las condiciones de la intuición* para ella. Por tanto, aquéllas son también conceptos fundamentales para pensar objetos, en general, que correspondan a los fenómenos, y por tanto tienen, *a priori*, validez objetiva; que era lo que propiamente queríamos saber. <A111>

Kant nos está tratando de explicar cómo las categorías están relacionadas con reglas *a priori*, de modo que pueda llevarse a cabo la síntesis de la multiplicidad sensible, referida a la unidad de la apercepción. De este modo, la experiencia no puede ser la fuente de conceptos *a priori*: “Todos los intentos de deducir de la experiencia aquellos conceptos puros del entendimiento, y de atribuirles un origen meramente empírico, son, pues, enteramente vanos e inútiles.” <A112> Finalmente, uno de los puntos importantes de esta sección es lo que Kant entiende por <<naturaleza>>, en relación con la experiencia:

Que la naturaleza haya de regirse por nuestro fundamento subjetivo de la apercepción, y que incluso haya de depender de él, en lo que respecta a su conformidad a leyes, [es algo que] ciertamente suena muy paradójico y extraño. Pero si se reflexiona que esta naturaleza no es, en sí, nada más que un conjunto de fenómenos, y por tanto, no es una cosa en sí, sino meramente una muchedumbre de representaciones de la mente, entonces no causará asombro que sólo en la facultad radical de todo nuestro conocimiento, a saber, en la apercepción trascendental, se la vea en aquella unidad sólo gracias a la cual ella puede llamarse objeto de toda experiencia posible, es decir, naturaleza, ni que precisamente por eso podamos conocer *a priori*, es decir, como necesaria, esa unidad, a lo que quizá deberíamos renunciar, si ella fuera dada *en sí*, independientemente de las primeras fuentes de nuestro pensar. <A114>

Como menciona Jonathan Bennett (1999): “Vaihinger y Kemp Smith han explicado la no claridad de la primera versión de la Deducción por la conjetura de que es un collage de notas escritas a lo largo de los años.” (p. 100)¹⁴³ Sin embargo, el autor mismo considera que más bien puede interpretarse dicha tesis en un cierto sentido autobiográfico, puesto que la versión de 1781 presenta ciertas confusiones que no permiten identificar una clara línea argumentativa. En este último sentido es que algunos de los intérpretes de Kant (puede verse Allison (1992), Dickerson (2004), entre otros) se centran en el análisis de la versión de 1787, quizá porque, como menciona Roberto Torretti (1967): “Esta se desarrolla de un modo indudablemente más claro, sin las repeticiones que entorpecían su marcha en la versión de 1781.” (p. 339) Aunque a pesar de ello, como hemos visto, resulta difícil no recurrir a la primera edición, en pos de aclarar ciertos puntos importantes.

III.3.2 La Deducción (1787).

Si bien, uno de los puntos importantes de la versión de 1781, estriba en la manera en que Kant caracterizó al entendimiento, en relación directa con la síntesis de la imaginación¹⁴⁴, tal que el entendimiento se constituía en relación con dos de las síntesis originarias mencionadas en el apartado anterior, veremos en el presente, que la imaginación pertenece a la sensibilidad, y su síntesis constituye un acto de espontaneidad, lo cual implica que se le asimila al entendimiento (Torretti (1967)). Esto es, el entendimiento constituye una <<unidad sintética>>, la facultad de enlazar el múltiple dado en la sensibilidad.

Ahora bien, la nueva versión (B) de la Deducción abarca los párrafos del 15 al 27, y cuyo título versa: *Deducción trascendental de los conceptos puros del entendimiento*. Y desde el principio del §15 *De la posibilidad de un enlace en general*, Kant se refiere al concepto de *enlace*, a saber:

¹⁴³ “Vaihinger and Kemp Smith have explained the unclarity of the first version of the Deduction by the conjecture that it is a collage made up of jottings written down over the years.”

¹⁴⁴ Ver <A119>.

Pero el *enlace* (*conjunctio*) de un múltiple en general no puede nunca venir a nosotros por medio de los sentidos, y por consiguiente, no puede tampoco estar contenido también, a la vez, en la forma pura de la intuición sensible; // pues es un acto de la espontaneidad de la facultad representativa; y puesto que a ésta, a diferencia de la sensibilidad, se la debe llamar entendimiento, entonces todo enlace, ya seamos conscientes de él, o no lo seamos, ya sea [un enlace] de la intuición sensible, o de la no sensible, es una acción del entendimiento que designaremos con la denominación general de *síntesis*... [B130]

Kant está por tanto separando sensibilidad y entendimiento, de manera que este último constituye un acto espontáneo de la mente, y a su vez, el entendimiento tiene como función el acto de síntesis, de aquí que inmediatamente Kant nos lleve a identificar que quien ha de llevar a cabo una representación de un objeto dado a la sensibilidad, no es más que el sujeto, es decir, el *enlace* “es un acto de espontaneidad de éste”¹⁴⁵. Finalmente, todo enlace constituye un acto del entendimiento, y dicho acto lo denomina Kant *síntesis*. Y por síntesis hay que entender “la síntesis de la multiplicidad espacio-temporal dada”. Lo que nos interesa resaltar aquí, es que la actividad de enlace, atribuida al entendimiento, permite llevar a cabo una función constitutiva del múltiple dado, porque sólo por medio de este acto de síntesis es que llega a constituirse toda representación empírica.

El §16. *De la unidad originario-sintética de la apercepción*, nos presenta inicialmente lo que en la versión de 1781 denominaba Kant apercepción: “El *Yo pienso* debe *poder* acompañar a todas mis representaciones; pues de otro modo, sería representado en mí algo // que no podría ser pensado, lo que viene a significar, o bien que la representación sería imposible, o que, al menos, no sería nada para mí.” [B132] Kant, al considerar al *Yo pienso* como un acto de espontaneidad, lo separa de la sensibilidad, y por tanto lo llama *apercepción pura* u *originaria*, “porque es aquella conciencia de sí mismo que, al producir la representación *Yo pienso* que debe poder acompañar a todas las otras y es una y la misma en toda conciencia, no puede ser acompañada, a su vez, por ninguna otra.” [B132] Asimismo, dicha

¹⁴⁵ Cabe señalar que como se vio en el apartado sobre la versión de 1781, el acto de espontaneidad de la mente la trató Kant en términos de la triple síntesis (sentido, imaginación y apercepción), y curiosamente apela al carácter temporal de la experiencia.

apercepción posee una unidad, que Kant denomina: unidad *trascendental*, puesto que a partir de dicha unidad es que resulta posible el conocimiento *a priori*. Entonces, hay una unidad de lo múltiple dado en la intuición, y es dada *a priori*, además de que constituye el fundamento de la apercepción. “Soy, pues, consciente del yo idéntico con respecto a lo múltiple de las representaciones que me son dadas en una intuición, porque las llamo a todas ellas *mis* representaciones, que constituyen *una*.” [B135]

Para el siguiente párrafo (§17. *El principio supremo de la unidad sintética de la apercepción es el principio supremo de todo uso del entendimiento*), distingue Kant entre el principio supremo de la posibilidad de toda intuición en la sensibilidad, del principio supremo de la posibilidad de toda intuición en el entendimiento. El primero ya fue tratado en la Estética Trascendental, y se refiere a que “todo *cae* bajo las intuiciones de espacio y tiempo”, es decir, los órdenes de presentación; a su vez, el segundo principio supremo establece que lo múltiple de la intuición está bajo las condiciones de la unidad de la apercepción. Cabe señalar que bajo este último principio es que se enlazan las intuiciones dadas en una conciencia. De aquí que todo objeto dado debe ajustarse a las condiciones de dicha unidad sintética de la apercepción.

El *entendimiento* es, para hablar en general, la facultad de los *conocimientos*. Éstos consisten en la referencia determinada de representaciones dadas, a un objeto¹⁴⁶. *Objeto*, empero, es aquello en cuyo concepto está *reunido* lo múltiple de una intuición dada. Ahora bien, toda unión de las representaciones exige unidad de la conciencia en la síntesis de ellas. En consecuencia, la unidad de la conciencia es lo único que constituye la referencia de las representaciones a un objeto¹⁴⁷, y por tanto, la validez objetiva de ellas, y en consecuencia, [es lo único que hace] que ellas lleguen a ser conocimientos; y sobre ella, en consecuencia, reposa la posibilidad misma del entendimiento. [B137]

¹⁴⁶ Object. Con respecto a esta caracterización de <<objeto>> Henry Allison (1992) menciona: “este es definido simplemente como <<aquello en cuyo concepto se halla *unificado* lo diverso de una intuición dada.>> (p. 236)

¹⁴⁷ Gegenstand. El mismo Allison (1992) identifica que esta acepción de objeto la usa Kant como referencia a un “objeto empírico real (*Gegenstand*).” (p. 254)

A continuación Kant explica cómo es que se enlazan las representaciones dadas en la sensibilidad, con un ejemplo sobre el conocimiento de la línea recta en el espacio¹⁴⁸, en el sentido de que para él, conocer el concepto de línea recta implica trazarla en el espacio, a su vez de llevar a cabo una acción sintética en la conciencia, “de manera que la unidad de esa acción es a la vez la unidad de la conciencia (en el concepto de una línea); y sólo por ello es conocido un objeto (un espacio determinado)”¹⁴⁹.

Aquí pueden surgir muchos inconvenientes, si se llega a aceptar que Kant se está refiriendo a la “unidad sintética del espacio”, en relación únicamente con la geometría euclidiana, ya que, por ejemplo, él mismo mencionó en la versión de 1781 cómo es que se establece la síntesis de la reproducción en la imaginación, lo que podría indicar que “sólo puede ser reproducido un objeto en el espacio si puede ser imaginado”. Lo anterior está a su vez relacionado con el caso de las geometrías no euclidianas, las cuales generalmente se consideran “libres de intuición”, y a su vez, resultan “imposibles” de reproducirse en la imaginación. El problema, creemos, tiene únicamente que ver con lo que ha de entenderse por el carácter *a priori* de la intuición espacial, pues Kant mismo menciona: “Así, la mera forma de la intuición sensible externa, el espacio, no es todavía conocimiento; sólo suministra el múltiple de la intuición *a priori* para un conocimiento posible.” [B137] Entonces, ¿cómo puede entenderse que la supuesta verificación experimental de la estructura espacial no euclidiana, en el marco de la relatividad, que implica un conocimiento, refuta a Kant?

Finalmente, desde el §17 Kant introduce lo que podríamos llamar: “la condición objetiva del conocimiento”, que se enfrascará en desarrollar en el siguiente párrafo:

¹⁴⁸ Para Kant, la forma de la intuición externa, el espacio, no es en sí conocimiento, y todo lo que puede llegar a conocerse en el espacio implicará una acción sintética.

¹⁴⁹ Este y otros argumentos son los que la mayoría de los críticos de Kant retoman para “refutar” su teoría de la idealidad del espacio, en relación con la geometría, pues pareciera que Kant nos está diciendo que la acción sintética sólo puede llevarse a cabo cuando se establece una representación en una geometría euclidiana, ya que ésta es intuitiva, lo cual resulta sumamente controversial, pues por lo visto en el capítulo II, la teoría de la idealidad del espacio de Kant no depende de la validez o no de la aplicación de alguna geometría al análisis del espacio físico. En la sección III.5 podremos retomar este problema, cuando se establezca el concepto de “ontología de la experiencia”, de raigambre kantiano, y cómo ésta es extensiva a cualquier marco representativo de toda geometría.

La unidad sintética de la conciencia es, entonces, una condición objetiva de todo conocimiento; no [una condición] que meramente yo requiera, para conocer un objeto; sino [una condición] a la cual debe estar sometida toda intuición, *para llegar a ser objeto para mí*; porque de otra manera, y sin esta síntesis, el múltiple no se uniría en una conciencia. [B138]

Así, el principio que ha de regir a todo conocimiento posible, y tal que éste sea objetivo, es el principio de la unidad de la apercepción, que es analítico, pues define un *Yo pienso* universal.

Para el §18 se introduce una nueva argumentación con respecto a lo tratado en la versión de 1781, resultan los párrafos 18 y 19 (ver por ejemplo Torretti (1967)) complemento y aclaración de ciertos pasajes inconclusos de la versión de 1781. Aun así, el presente párrafo se centra en la explicación de lo que ha de ser la <<unidad objetiva de la autoconciencia>>, a saber:

La *unidad trascendental* de la apercepción es aquella por la cual todo el múltiple dado en una intuición es reunido en un concepto de objeto.¹⁵⁰ Por eso se llama *objetiva*, y debe ser distinguida de la *unidad subjetiva* de la conciencia, que es una *determinación del sentido interno* por el cual aquel múltiple de la intuición es dado empíricamente para tal enlace. [B139]

Resulta más relevante explicar la diferencia entre unidad subjetiva y unidad objetiva, en términos de la distinción hecha en los *Prolegómenos* entre <<juicios de percepción>> y <<juicios de experiencia>>. Si bien, en el párrafo 19 Kant habrá de remitirse de nuevo al concepto de juicio, aquí nos interesa resaltar que, como menciona en el §18 de los *Prolegómenos*: “Debemos, pues, observar ante todo que, aunque todos los juicios de experiencia son empíricos, esto es, tienen su fundamento en la percepción inmediata de los sentidos, sin embargo, no son por eso, inversamente, juicios de experiencia todos los juicios empíricos...” Los juicios empíricos requieren de la <<unidad objetiva>>, esto es, apelan a la aplicación de ciertas categorías al múltiple dado en la sensibilidad. Es decir, toda percepción será

¹⁵⁰ De nuevo, objeto en su sentido de *Object*.

susceptible de un juicio empírico, si se aplican a ésta conceptos *a priori* cuyo origen se encuentra en el entendimiento.

Los juicios empíricos, en la medida en que tienen validez objetiva, son juicios de experiencia; pero a los que son válidos sólo subjetivamente los llamo meros juicios de percepción. Los últimos no requieren ningún concepto puro del entendimiento, sino sólo la conexión lógica de la percepción en un sujeto pensante. Pero los primeros requieren siempre, además de las representaciones de la intuición sensible, ciertos conceptos peculiares, generados originariamente en el entendimiento, los cuales hacen, precisamente, que el juicio de experiencia sea objetivamente válido. (Prolegómenos § 18)

Habría que señalar que la unidad objetiva, que genera un juicio de experiencia, apela a un *Yo pienso* universal. La unidad subjetiva, que genera juicios de percepción, los cuales son sólo un enlace lógico de la mente, no caen bajo la aplicación de las categorías.

A continuación, en el §19 *La forma lógica de todos los juicios consiste en la unidad objetiva de la apercepción de los conceptos contenidos en ellos*, Kant da una nueva definición de juicio, lo cual no hace más que llevarnos de principio a una de sus obras: *Los Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza (MAN)*, donde Kant establece su definición de juicio en términos no de un “enlace de conceptos”, sino que “un juicio enlaza representaciones”¹⁵¹. Asimismo, Kant menciona al principio del párrafo, su no aceptación de la definición de juicio que dan los lógicos, considera que dicha definición, dada en términos de “representación de una relación entre dos conceptos”, corresponde únicamente a la definición de juicios categóricos, que no abarca los hipotéticos y disyuntivos. Por tanto, dice Kant:

Pero si investigo más exactamente, en cada juicio, la referencia entre conocimientos dados, y si la distingo, como perteneciente al entendimiento, de la relación según

¹⁵¹ Puede verse el Prefacio de *Los Principios Metafísicos...* (IV, 475), donde Kant explica en una nota esta nueva definición de juicio.

leyes de la imaginación reproductiva ([relación] que sólo tiene validez subjetiva)¹⁵², encuentro que un juicio no es nada más que la manera de llevar a la unidad *objetiva* de la apercepción conocimientos dados. A eso apunta la cópula **es** en // ellos, para distinguir la unidad objetiva de representaciones dadas, de la [unidad] subjetiva. Pues esta [cópula] indica la referencia de ellas a la apercepción originaria y la *unidad necesaria* de ellas, aunque el juicio mismo sea empírico, y por tanto, contingente. [B142]

En este sentido es que en el presente párrafo Kant entiende al juicio como una unidad de representaciones referida a la unidad objetiva de la apercepción: “Sólo en virtud de ello esa relación se torna un *juicio*, es decir, una relación que es *objetivamente válida* y que se distingue suficientemente de la relación de esas mismas representaciones, en la cual sólo hubiese validez subjetiva, p. ej. según leyes de la asociación.” [B142] Tenemos pues un criterio de validez objetiva del conocimiento humano, cuando se lleva a cabo una síntesis de representaciones referida a la unidad trascendental de la apercepción, al aplicar las categorías al múltiple dado en la sensibilidad, y se establece a su vez un juicio empírico.

El título del párrafo 20: “Todas las intuiciones sensibles están bajo las categorías, como condiciones sólo bajo las cuales lo múltiple de ellas puede llegar a reunirse en una conciencia”, resume fielmente lo que ha pretendido mostrar Kant a lo largo de los párrafos anteriores, es decir, el presente párrafo conecta el §17, donde se mostró que sólo por medio de la apercepción es posible enlazar el múltiple dado en la sensibilidad, con el §19, en donde se estableció que la acción del entendimiento, referida a la apercepción, corresponde a la función lógica de los juicios. “Las *categorías* no son nada más que precisamente esas funciones para juzgar, en la medida en que lo múltiple de una intuición dada está determinado con respecto a ellas (§13). Por consiguiente, lo múltiple en una intuición dada está también necesariamente sometido a las categorías.” [B143]

¹⁵² Aquí podemos traer a colación de nuevo lo dicho con respecto a la síntesis reproductiva de la imaginación y su relación con la representación espacial de carácter euclidiano, pues precisamente con esta afirmación, Kant está desligando la <<síntesis en la imaginación reproductiva>>, de carácter subjetivo, de la <<síntesis de la apercepción>> de carácter objetivo.

En términos generales, el §21 resulta ser un pasaje intermedio, entre la deducción de las categorías para la sensibilidad, y el cómo éstas se aplican a los objetos dados a la sensibilidad, de ahí que Kant mismo lo denomine “Nota”. Si bien, podríamos revisar el contenido del parágrafo, sólo es menester señalar, en palabras de Kant, lo que posteriormente vendrá¹⁵³:

En lo que sigue (§26) se mostrará, a partir de la manera como es dada la intuición empírica en la sensibilidad, // que la unidad de ella no es otra que aquella que la categoría, según el precedente §20, prescribe al múltiple de una intuición dada en general; y sólo al explicar, entonces, la validez de ellas *a priori* con respecto a todos los objetos de nuestros sentidos, se alcanzará enteramente el propósito de la deducción. [B145]

Resta pues enfocarnos en el tratamiento de los últimos parágrafos (§22-27) de la Deducción.

Tanto en el §22 como en el §23, Kant pretende justificar la validez de la aplicación de las categorías a los objetos de la sensibilidad. Así, el §22 *La categoría no tiene otro uso para el conocimiento de las cosas, que su aplicación a objetos de la experiencia*, comienza precisamente aclarando la diferencia entre *pensar* un objeto, y *conocer* un objeto, ya que como se ha podido ver, en todo conocimiento son necesarios dos elementos: el concepto por medio del cual es pensado; y la intuición, por la cual el objeto es dado. Lo interesante, en parte, es que para Kant, pensar un objeto, concebir un objeto, es tal que puede llegar a conocerse, es decir, todo objeto que podemos llegar a concebir, es susceptible de un posible conocimiento¹⁵⁴.

Por consiguiente, las categorías, por medio de la intuición, no nos suministran tampoco conocimiento alguno de las cosas, salvo sólo mediante la aplicación posible de ellas a la *intuición empírica*; es decir, ellas sirven sólo para la posibilidad del

¹⁵³ Roberto Torretti (1967) hace tres comentarios pertinentes sobre el presente parágrafo, sin embargo, dados nuestros fines, no resulta relevante llevar más allá el tratamiento.

¹⁵⁴ Pensar en la existencia de la variedad espacio-tiempo, a la sazón de la relatividad, ¿implica la posibilidad de conocerla?, es decir, ¿implica que pueda estructurarse una experiencia tal que muestre la naturaleza de dicha variedad? Precisamente en este sentido es que entendemos lo que es colocar al espacio y al tiempo como *objetos* de experiencia, lo que finalmente revelan los test de la relatividad, y la manera en que se constituyen dichos test.

conocimiento empírico. Pero éste se llama *experiencia*. Por consiguiente, las categorías no tienen ningún otro uso para el conocimiento de las cosas, salvo sólo// en la medida en que éstas puedan ser tomadas como objetos de una posible experiencia. [B148]

Finalmente, sólo los objetos espacio-temporales, dados en la sensibilidad, son susceptibles de una posible experiencia, y por tanto, sólo a dichos objetos es que pueden aplicarse las categorías. De todo lo anterior, se desprende un concepto: el de *experiencia posible*. Esta última la entendemos como aquella relación con los objetos de los sentidos, y que permite la aplicación de las categorías.

Con todo esto, si se puede afirmar con certeza que se ha llevado a cabo una experiencia, ésta ha de implicar la acción tanto de las formas puras de la sensibilidad como de las categorías, y por tanto, esto permite generar juicios de experiencia, y aquello que quede fuera de este ámbito, a lo más podrá adquirir la posibilidad de generar juicios de percepción. Aquello no-sensible, queda fuera de la posibilidad de ser pensado mediante las categorías.

El §24. *De la aplicación de las categorías a objetos de los sentidos en general*, comienza con una breve revisión de lo que se ha llevado a cabo, lo que de entrada es importante estriba en cómo Kant define la síntesis de lo múltiple en la intuición, distinguiéndola de lo que él llama *synthesis intellectualis*, a saber:

Esta *síntesis* de lo múltiple de la intuición sensible, que es posible y necesaria *a priori*, puede llamarse *figurativa (synthesis speciosa)*, para distinguirla de aquella que sería pensada en la mera categoría con respecto a lo múltiple de una intuición en general, y que se llama enlace del entendimiento (*synthesis intellectualis*); ambas son *trascendentales*, no solamente porque ellas mismas proceden *a priori*, sino también porque fundamentan la posibilidad de otro conocimiento *a priori*. [B151]

En esta parte, Kant está relacionando a la síntesis figurativa con lo que en la versión de 1781 llamó “síntesis de la reproducción en la imaginación”, y la distingue del enlace meramente intelectual; a su vez, establece la siguiente definición: “**Imaginación** es la facultad de representar en la intuición un objeto aun *sin la*

presencia de él." [B151] De aquí pasa Kant a distinguir entre imaginación referida a una síntesis de la sensibilidad en la espontaneidad, pero que resulta ser *productiva*, de una síntesis *reproductiva*, la cual está sólo sometida a leyes empíricas. Finalmente, Kant establece una aclaración con respecto a la forma del sentido interno, que había tratado en el §6. Parte de su explicación está contenida en esta extensa cita:

El entendimiento, entonces, bajo la denominación de *síntesis trascendental de la imaginación*, ejerce sobre el sujeto *pasivo* cuya *facultad* es él [mismo], aquella acción de la cual decimos, correctamente, que // por ella es afectado el sentido interno. La apercepción, y la unidad sintética de ella, está, pues, tan lejos de ser idéntica al sentido interno, que ella, antes bien, como fuente de todo enlace, se dirige al múltiple de las *intuiciones en general*; [y] con el nombre de las categorías, [se dirige], antes de toda intuición sensible, a objetos en general; por el contrario, el sentido interno contiene la mera *forma* de la intuición¹⁵⁵, pero sin enlace de lo múltiple en ella, y por tanto, no contiene todavía ninguna intuición *determinada*¹⁵⁶, la que sólo es posible gracias a la conciencia de la determinación de él por medio de la acción trascendental de la imaginación (influjo sintético del entendimiento sobre el sentido interno, a la que llamé síntesis figurativa). [B154]

Kant está distinguiendo entre algo que es propio de la mente, la forma de la intuición, de lo que corresponde a lo dado, aquello que constituye un múltiple de la sensibilidad, de aquí que el sentido interno, el tiempo, permita distinguir entre sucesivos actos de la mente. El entendimiento produce un enlace, una síntesis, y de ahí llega a distinguir entre un Yo, como sujeto pensante, y un "Yo como representación", como "soy ante el entendimiento". "Debemos conceder también, para el sentido interno, que por medio de él nos intuimos a nosotros mismos sólo como somos afectados internamente *por nosotros mismos*, es decir, que en lo que concierne a la intuición interna, conocemos a nuestro propio sujeto sólo como fenómeno, pero no como lo que él es en sí mismo." [B156]

¹⁵⁵ El tiempo como forma pura *a priori*.

¹⁵⁶ Una intuición determinada implica haber llevado un acto de síntesis.

El §26. *Deducción Trascendental del uso empírico universalmente posible de los conceptos puros del entendimiento*, se centra en tratar de explicar cómo es posible conocer *a priori* a través del uso de las categorías, aquellos “objetos que puedan alguna vez presentarse a nuestros sentidos; [y de conocerlos *a priori*] no según la forma de la intuición de ellos, sino según las leyes de su enlace.” [B159] Pasa Kant a repasar lo dicho en los párrafos anteriores, sobre cómo a través de las formas puras de la intuición sensible (espacio y tiempo) nos es dado un múltiple, que convierte a dichas formas puras en intuiciones propias de la síntesis de la aprehensión; y a su vez, todo acto de síntesis estará sometido a las categorías, las que asimismo corresponden a las condiciones de posibilidad de la experiencia, cuya validez es *a priori*, en todos los objetos de experiencia. Pues: “Las categorías son conceptos que prescriben *a priori* leyes a los fenómenos, y por tanto, a la naturaleza¹⁵⁷, como conjunto de todos los fenómenos (*natura materialiter spectata*).” [B163] Dado que para Kant, un fenómeno no existe en sí, fuera del sujeto, sino que éste está sólo en y es para el sujeto, las leyes de la naturaleza han de estar sometidas a las leyes del entendimiento y la sensibilidad, por algo:

Puesto que toda posible percepción depende de la síntesis de la aprehensión, y ella misma, empero, esta síntesis empírica, depende de la trascendental, y por tanto, [depende] de las categorías, entonces todas las percepciones posibles, y por tanto también todo lo que pueda llegar a la conciencia empírica, es decir, // todos los fenómenos de la naturaleza, deben estar, en lo que respecta a su enlace, sujetos a las categorías, de las cuales depende la naturaleza (considerada meramente como naturaleza en general) como el fundamento originario de su necesaria conformidad a leyes (como *natura formaliter spectata*).¹⁵⁸ [B165]

¹⁵⁷ Este concepto de naturaleza, así como el por qué ésta está sometida a las categorías, ha resultado sumamente controversial y, en cierto sentido, “fatal” para la epistemología kantiana, cuando se ha intentado evaluar dicha epistemología en el marco de la física moderna, sin embargo, dicha problemática la habré de tratar en detalle en el siguiente capítulo, cuando se analice el concepto de *a priori*.

¹⁵⁸ Esta tesis acerca de cómo las <<leyes de la naturaleza>> están sometidas a las categorías, ha sido criticada ampliamente por diversos autores, entre ellos los positivistas lógicos, apelando a las teorías de la física moderna, en especial la mecánica cuántica y su carácter probabilístico, no causal.

La naturaleza en general, como conjunto de todos los fenómenos posibles, llega, en cierto sentido, a estar conforme con la caracterización kantiana de que la facultad pura del entendimiento, mediante categorías, prescribe las leyes de la naturaleza, a su vez del conocimiento empírico, dado que todos los fenómenos se “encuentran” en el espacio y el tiempo; pero cabe aclarar que prescribe en el sentido de que posibilita, no de que crea las leyes de la naturaleza.

Para concluir con esta revisión de la Deducción Trascendental, el §27. *Resultado de esta Deducción de los conceptos puros del entendimiento* establece el objetivo central de la Deducción: el cómo no nos es posible pensar ningún objeto (*Gegenstand*), si no es por medio de las categorías, a la vez de que no es posible conocer algún objeto (*Object*) pensado sino mediante intuiciones. “Ahora bien, todas nuestras intuiciones son sensibles, y ese conocimiento, en la medida en que el objeto de él es dado, es empírico. Pero el conocimiento empírico // es experiencia. *En consecuencia, no es posible para nosotros ningún conocimiento a priori, a no ser únicamente de objetos de una experiencia posible.*” [B166] Asimismo, Kant identifica que puede haber dos caminos por los cuales puede llegar a pensarse una concordancia necesaria de la experiencia con los objetos de ésta, deja de lado el caso de que la experiencia haga posible dichos conceptos, de aquí, dada la investigación emprendida: “las categorías contienen, por el lado del entendimiento, los fundamentos de la posibilidad de toda experiencia en general.” [B167] Dicho lo anterior, Kant puede concluir la Deducción Trascendental estableciendo el concepto de ésta:

Es la exposición de los conceptos puros del entendimiento (y con ellos, de todo el conocimiento teórico *a priori*), como principios de la posibilidad de la experiencia; [y es la exposición] de ésta, empero, como *determinación* de los fenómenos en el espacio y // el tiempo *en general*; finalmente [es la exposición] de éstos a partir del principio de la unidad sintética *originaria* de la apercepción, como [principio] de la forma del entendimiento con respecto al espacio y al tiempo como formas originarias de la sensibilidad. [B169]

Podemos decir que la Deducción Trascendental establece las condiciones necesarias, acaso quizá no *suficientes*¹⁵⁹, para constituir objetos de experiencia. Además, por lo tratado, no puede entenderse que la forma de nuestra intuición espacial y temporal resulta ser euclidiana y lineal (aritmética) respectivamente. Como pudo verse, en el caso del espacio: “la forma pura de la intuición sensible externa, el espacio, no es todavía conocimiento; sólo suministra el múltiple de la intuición *a priori* para un conocimiento posible.” [B137] Es decir, espacio y tiempo sólo son “condiciones de posibilidad del conocimiento”, en la medida de que ofrecen las condiciones sensibles para que todo objeto de experiencia pueda constituirse, ubicarse, y por ende no es posible hablar de una representación necesaria del espacio físico, en atención a una sola estructura geométrica (ver capítulos II y IV).

Como se verá en la sección III.5, llevar a cabo una experiencia en un marco geométrico euclidiano o no euclidiano, sólo corrobora ciertos aspectos de la epistemología kantiana, a pesar de que pueda implicar que existe una contradicción con respecto a lo que Kant entiende por el carácter sintético *a priori* de la geometría (ver sección II.4 y capítulo IV).

Finalmente, en la Deducción Trascendental se establecen las condiciones para garantizar la objetividad de un conocimiento del mundo, tal que implica la acción de hacer un juicio sobre cómo son las cosas, al ir involucradas condiciones sensibles (espacio y tiempo) y condiciones inteligibles (categorías), y sin embargo *a priori*.

III.4 Esquematismo, Principios del Entendimiento Puro y Analogías de la Experiencia.

El contenido de la presente sección comprende: sección III.4.1, que versa sobre el esquematismo; la sección III.4.2 trata sobre los principios del entendimiento; y la sección III.4.3 sobre las analogías de la experiencia. Cabe señalar que al igual que

¹⁵⁹ Esta afirmación puede resultar controversial dado el presupuesto kantiano de que las categorías, junto con las formas puras de la intuición, constituyen las condiciones universales, únicas y necesarias para constituir objetos de experiencia. Sin embargo, como podrá irse señalando tanto en el presente capítulo como en los restantes, por vía kantiana, es posible establecer un pluralismo ontológico, que dé cuenta de la manera en que la ciencia establece la experiencia de objetos, y finalmente, cómo puede fundamentarse un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo.

las demás secciones del capítulo, no pretendemos llevar a cabo una revisión minuciosa, mucho menos un estudio crítico, puesto que nuestro objetivo radica en identificar los puntos más importantes que coadyuven a fundamentar lo que hemos llamado: “una teoría de la constitución de los objetos de experiencia”, lo que finalmente se verá representado en el concepto de “ontología de la experiencia” (sección III.5).

III.4.1 El Esquematismo.

El primer capítulo de la *Analítica de los Principios* trata sobre el *Esquematismo de los conceptos puros del entendimiento*. De aquí que el esquematismo tenga como objetivo principal explicar la manera en que las categorías son aplicadas a “lo dado a la mente en la sensibilidad”. En palabras de Kant, el esquematismo “trata de la condición sensible sólo bajo la cual pueden ser empleados conceptos puros del entendimiento.”¹⁶⁰ [A136][B175] Así, Kant ha de entender por *esquema trascendental* una especie de representación mediadora entre el concepto puro (categoría) y el fenómeno, para lo cual: “Esta representación mediadora debe ser pura (sin nada empírico), pero [debe ser], por una parte, *intelectual*, por otra parte, *sensible*.” [A138][B177] Asimismo, para que precisamente, dicha representación mediadora, lleve a cabo su función, ésta debe estar sometida a la determinación trascendental del tiempo, dado que debe haber una síntesis del múltiple de las representaciones. Lo que finalmente nos ayuda a entender por qué Kant menciona al principio de este primer capítulo:

En todas las subsunciones de objeto bajo un concepto, la representación del primero debe ser *homogénea* con el último; es decir, el concepto debe contener aquello que está representado con el objeto que hay que subsumir bajo él; pues esto,

¹⁶⁰ Se ha considerado que los objetivos que pretende Kant al tratar los temas de la presente sección, podrían considerarse como irrelevantes, pues el problema de la aplicación de conceptos puros del entendimiento a lo dado en la sensibilidad, y que permite constituir objetos de experiencia, ya ha sido resuelto en la *Deducción Trascendental*, sin embargo, parte de nuestros intereses en revisar el *Esquematismo* y posteriormente el capítulo dos de la *Analítica*, estriba en identificar cómo el tiempo juega un papel fundamental en dicha aplicación de las categorías a los fenómenos.

precisamente, significa la expresión: un objeto está contenido *bajo* un concepto.
<A137>[B176]

Por tanto, uno de los puntos importantes, como bien han señalado diversos intérpretes (Torretti (1966), Allison (1983)), es aclarar el concepto de subsunción, tal que es usado tanto “para designar la relación entre el concepto de una clase y los particulares que caen bajo ella”, como el de *aplicación*; sin embargo, es esta última caracterización la que difumina cualquier controversia¹⁶¹. Posteriormente, nos es aclarado lo que ha de entenderse por esquematismo: “Llamaremos a esta condición formal y pura de la sensibilidad, a la cual está restringido el concepto del entendimiento en su uso, el *esquema* de ese concepto del entendimiento; y al procedimiento del entendimiento con estos esquemas, [lo llamaremos] el *esquematismo* del entendimiento puro.” <A140>[B179] Finalmente, Kant considera que el esquema en sí constituye un producto de la imaginación, pero habría que distinguir el esquema, como “representación de un procedimiento universal de la imaginación”, que suministra la “imagen de un concepto”, de una “imagen empírica”, pues la representación en el espacio de un triángulo constituye una imagen del triángulo, no el esquema del concepto triángulo. Como menciona Howard Caygill (2009): “Kant está más que preocupado por distinguir el esquema de la imagen; el esquema podría no ser pensado exclusivamente en términos de la analogía de una imagen visual, aunque él ocasionalmente recurre a ella.” (p. 361)¹⁶² Con lo anterior, es importante señalar que:

La *imagen* es un producto de la facultad empírica de la imaginación productiva; el *esquema* de conceptos sensibles (como [los] de las | figuras en el espacio) [es] un producto y, por así decirlo, un monograma de la imaginación pura *a priori*, por el cual, y según el cual, las imágenes llegan a ser, ante todo, posibles, las cuales, empero,

¹⁶¹ Esta caracterización es precisamente la que puede identificarse del desarrollo de los argumentos de Kant, pues como menciona Allison (1983): “Así pues, parece ser más razonable y estar más de acuerdo con el texto interpretar aquí *subsunción* significando simplemente *aplicación*, y no tanto hacer de ella la <<palabra dominante>>, lo cual nos obligaría a concluir que Kant ha planteado erróneamente el problema de la aplicación de las categorías en términos de la noción judicativa de subsunción.” (p. 279)

¹⁶² “Kant is further concerned to distinguish the schema from the image; the schema should not be thought exclusively in terms of the analogy of the visual image, although he does occasionally resort to it.”

deben ser conectadas con el concepto siempre por medio del esquema que ellas designan, sin que, en sí mismas, lleguen nunca a ser enteramente congruentes con él. <A141>[B180]

Con esto último, se ha creído que lo que Kant nos está diciendo con respecto al espacio, es que “nuestra intuición espacial, en síntesis, corresponde a una estructura euclidiana”, de aquí que: ¿el esquema del espacio obedece sólo a una estructura euclidiana? Si bien, existen elementos para pensarlo, aunque por el tratamiento de la filosofía de la matemática de Kant (ver capítulo anterior): “la intuición espacial se encuentra en la base de todas las geometrías”, por algo, puede decirse que “la representación de la estructura espacial euclidiana sólo es una imagen, *un producto de nuestra facultad empírica de la imaginación productiva*, no es el “esquema del espacio”, y asimismo, no necesariamente dicha imagen corresponde a una fiel *representación* del espacio, entendido como “entidad física”¹⁶³. Afirmar que la epistemología kantiana sólo es válida para una estructura espacial euclidiana es, a su vez, dejar de lado el carácter puro y *a priori* de la intuición espacial, su carácter de orden de presentación, como fue tratado en el capítulo anterior, y tal que es lo que permite establecer una experiencia. De aquí que, como se verá en la siguiente sección, la constitución de la experiencia de objetos, en el marco de la relatividad, está en concordancia con el carácter ideal del espacio postulado por Kant.

En términos generales, Kant considera a su vez al esquema como “determinación trascendental del tiempo”, pues así lo deja en claro al ejemplificar los esquemas de las categorías (<A144-5>[183-4]), en este sentido es que “los esquemas no son nada más que *determinaciones del tiempo, a priori*, según reglas, y éstas se refieren, según el orden de las categorías, a la *serie del tiempo*, al *contenido del tiempo*, al *orden // del tiempo*, y finalmente al *conjunto del tiempo*, con respecto a todos los objetos posibles.” <A145>[B185] Con esta caracterización, podemos señalar algunos ejemplos de los esquemas de las categorías (<A144-5>[183-4]), a saber:

¹⁶³ En *Primeros Principios Metafísicos de la ciencia de la Naturaleza*, Kant distingue entre “espacio absoluto” (el postulado por la razón), “espacio material o relativo” (precisamente el espacio físico) y “espacio geométrico” (aquél que permite llevar a cabo una representación estructurada del espacio físico, por ejemplo).

- El esquema de la categoría de substancia “es la permanencia de lo real en el tiempo.”
- El esquema de la categoría de causa y de la causalidad “es lo real, a lo cual, cuando es puesto, siempre le sigue algo diferente.”
- El esquema de la categoría de comunidad (acción recíproca) “es la simultaneidad de las // determinaciones de una de ellas con las de la otra, según una regla universal.”

¿El esquema del espacio (como orden de presentación) sería: “el lugar que permite ubicar particulares, y a su vez, distinguir a dichos particulares de quien, asimismo, los está ubicando”? (El espacio como orden de presentación), ¿dónde está la apelación a la geometría?

Finalmente, en relación con lo existente para Kant, éste sólo concede realidad al múltiple dado en la sensibilidad, cuando es sometido a una síntesis, a una aplicación de las categorías, lo que a su vez nos remite a un esquema específico. Pues para Kant: “Realidad es, en un concepto puro del entendimiento, aquello que corresponde, en general, a una sensación; aquello, por tanto, cuyo concepto en sí mismo indica un ser (en el tiempo); negación [es aquello] cuyo concepto representa un no-ser (en el tiempo).” <A143>[B182]

III.4.2 *Sistema de todos los principios del entendimiento puro. Secciones primera y segunda.*

En la sección primera, *Del principio supremo de todos los juicios analíticos*, Kant comienza por establecer el principio de los juicios analíticos, el cual considera que corresponde al “principio de contradicción”: “Cualquiera sea el contenido de nuestro conocimiento, y como quiera que éste se refiera al objeto, la condición universal, aunque sólo negativa, de todos nuestros juicios en general es que no se contradigan a sí mismos.” <A150>[B190] De aquí que considere que precisamente, en todo juicio analítico, afirmativo o negativo, sólo será posible conocer su verdad, en la medida de

que dicho juicio tome como principio universal y suficiente al principio de contradicción. Aunque dicho principio tiene un sentido meramente lógico.

Ahora bien, en la sección segunda, *Del principio supremo de todos los juicios sintéticos*, Kant tiene cuidado en señalar que es función de una lógica trascendental, y no de la lógica general, establecer dicho principio, pues precisamente, uno de los problemas fundamentales de la *KrV*, la posibilidad de los juicios sintéticos *a priori*, tiene cabida en dicho principio, dado que se ha estado buscando (Analítica Trascendental) cómo pueden establecerse los alcances y límites del entendimiento, y su aplicación a los objetos de experiencia.

Así, como para todo juicio sintético, se debe “salir” del concepto dado, para llevar a cabo una relación de éste con algo distinto, donde dicha relación puede que no sea ni de identidad ni de contradicción, es necesario un tercer elemento, dice Kant:

Hay solamente un conjunto en el que están contenidas todas nuestras representaciones, a saber, el sentido interno, y la forma de él *a priori*, el tiempo. La síntesis de las representaciones se basa en la imaginación, pero la unidad sintética de ellas (que es requerida para el juicio) [se basa] en la unidad de la apercepción. Aquí habría que buscar, entonces, la posibilidad de los juicios sintéticos; y puesto que todos tres contienen las fuentes de representaciones *a priori*, también [habrá que buscar aquí] la posibilidad de juicios sintéticos puros; e incluso serán necesarios a partir de estos fundamentos, si es que ha de tener lugar un conocimiento de objetos que se base solamente en la síntesis de las representaciones. <A155>[B194]

En este último sentido, Kant plantea que todo conocimiento posible de un objeto implica el que éste debe ser dado de alguna forma, por lo que dicho tercer elemento tiene que ver con la posibilidad de toda experiencia. ¿Nos está diciendo que, necesariamente, nuestro conocimiento es receptivo?¹⁶⁴ Kant, al hablar de

¹⁶⁴ En este punto, que ha sido muy discutido por diversos intérpretes, cabe señalar que al hablar Kant de que “el objeto debe poder ser dado de alguna manera” <A155>[B194], no está implicando que necesariamente, para llevar a cabo una experiencia de un objeto, tal objeto debe sernos dado de manera inmediata, como si el objeto estuviera frente a nosotros. “Dar un objeto, | si esto no se ha de entender a su vez de manera solamente mediata, sino [que significa] exhibir inmediatamente en la intuición, no es nada más que referir la representación de él a la experiencia (ya sea efectiva, o sólo posible).” <A156>[B195]

“experiencia posible”, se refiere a que toda experiencia habrá de remitirse a las condiciones sensibles: espacio y tiempo, esto es, que toda posibilidad de la experiencia ha de apelar a las intuiciones puras, y a la síntesis de la imaginación para así obtener una realidad objetiva. Pero asimismo, debe identificarse que el conocimiento sintético posee principios, los cuales le sirven de fundamento, esto es, toda síntesis apela a conceptos. Por tanto: “La *posibilidad de la experiencia* es, pues, lo que les da realidad objetiva a todos nuestros conocimientos *a priori*.” <A156>[B195] Finalmente, Kant afirma que la experiencia, incluso la posibilidad de ésta, posee “principios de su forma”, los que le sirven *a priori* de fundamento, con lo cual las proposiciones, los juicios sintéticos *a priori* serían imposibles.

El principio supremo de todos los juicios sintéticos es, entonces: todo objeto está sometido a las condiciones necesarias de la unidad sintética de lo múltiple de la intuición en una experiencia posible.

De esta manera son posibles los juicios sintéticos *a priori*, si referimos a un posible conocimiento de experiencia, en general, las condiciones formales de la intuición *a priori*, la síntesis de la imaginación, y la unidad necesaria de ella en una apercepción trascendental, y decimos: las condiciones de la *posibilidad de la experiencia* en general son, a la vez, condiciones de la *posibilidad de los objetos de la experiencia*, y por eso tienen validez objetiva en un juicio sintético *a priori*. [B197]<A158>

Esto es, la validez objetiva de un juicio sintético *a priori*, está referida necesariamente a las condiciones de la experiencia: intuiciones sensibles, síntesis de la imaginación y la unidad necesaria de la apercepción trascendental. Así, las condiciones de posibilidad de una experiencia, determinan, al mismo tiempo, los objetos de experiencia. En este último sentido es que se fundamenta la clave de una teoría de la constitución de objetos de experiencia, de raigambre kantiana: todo lo que pueda considerarse como condición de posibilidad de una experiencia, determina a su vez, a los objetos de experiencia (ver sección III.5).

Es posible identificar que si unas condiciones de experiencia corresponden al espacio y al tiempo, al darle una estructura geométrica, en el caso del espacio, se da

a su vez una condición para el tipo de objeto de experiencia, y resulta claro que la estructura geométrica puede ser euclidiana o no euclidiana.

III.4.3 *Sistema de todos los principios del entendimiento puro. Sección tercera.*

Los principios del entendimiento puro constituyen las reglas del uso de las categorías, al aplicarse a la experiencia, como menciona Kant: “En la aplicación de los conceptos puros del entendimiento a una experiencia posible, el uso de la síntesis de ellos es, ya *matemático*, ya *dinámico*; pues ella se dirige, en parte, solamente a la intuición de un fenómeno en general, y en parte a la *existencia* [de él]” <A160>[B199] Cabe señalar que, en tanto que las reglas se refieran al uso matemático, éstas poseen un carácter necesario, y a su vez, en cuanto se refieran al uso dinámico, éstas tienen que ver con la existencia de los objetos, donde la aplicación de las intuiciones puede ser contingente.

Así, toma Kant como referencia la tabla de las categorías, de tal manera que puede establecer los principios del entendimiento puro en cuatro estadios:

1. Axiomas de la intuición (categorías de la cantidad).
2. Anticipaciones de la percepción (categorías de la cualidad).
3. Analogías de la experiencia (categorías de la relación).
4. Postulados del pensamiento empírico en general (categorías de la modalidad)

Axiomas de la intuición

Los axiomas de la intuición están relacionados con la aplicación de las categorías de la cantidad: unidad, pluralidad, totalidad; y tienen como principio: “*Todas las intuiciones son cantidades extensivas.*” [B202] Como bien menciona Paul Guyer (2010): “La importancia de este principio es que cuando representamos algún hecho “formal” de una apariencia como teniendo una determinada magnitud, debemos

representarlo como teniendo una magnitud extensiva.” (p.153)¹⁶⁵ Por lo que, como Kant afirma: “Llamo cantidad extensiva a aquella en que la representación de las partes hace posible la representación del todo (y por consiguiente, precede necesariamente a ésta).” [B203] De aquí, dado que sólo podemos representarnos fenómenos en la intuición, se entiende que: “Puesto que la mera intuición, en todos los fenómenos, es o bien el espacio, o el tiempo, por ello // todo fenómeno, como intuición, es una cantidad extensiva, puesto que sólo puede ser conocido mediante una síntesis sucesiva (de una parte a otra parte) en la aprehensión.” [B204]

Ahora bien, Kant recurre a la matemática, en especial a la geometría, para ejemplificar la manera en que puede ser identificada la cantidad extensiva en nuestro modo de aprehender los fenómenos. Por ejemplo, Kant nos dice:

Sobre esta síntesis sucesiva de la imaginación productiva¹⁶⁶ en la generación de las figuras, se basa la matemática de la extensión (Geometría¹⁶⁷) con sus axiomas, que expresan las condiciones de la intuición sensible *a priori*, sólo bajo las cuales puede producirse el esquema de un concepto puro del fenómeno externo; p. ej. entre dos puntos es posible sólo una línea recta; dos líneas rectas no encierran un espacio¹⁶⁸, etc. Éstos son los axiomas que conciernen propiamente sólo a cantidades (*quanta*) como tales. <A163>[B204]

Lo que Kant está tratando de mostrar es cómo las categorías de la cantidad se aplican en la síntesis, para configurar una experiencia de un objeto, por lo que, tanto la intuición del espacio como la del tiempo hacen posible dicha aplicación, de ahí que afirme más adelante:

Los fenómenos no son cosas en sí mismas. La intuición empírica es posible solamente mediante la pura (del espacio¹⁶⁹ y el tiempo); por tanto, lo que la

¹⁶⁵ “The import of this principle is that when we represent any “formal” feature of an appearance as having a determinate magnitude, we must represent it as having an extensive magnitude.”

¹⁶⁶ Véase la sección anterior.

¹⁶⁷ Kant habla aquí de la Geometría como “matemática de la extensión”, lo cual es aplicable a cualquier geometría, sea euclidiana o no euclidiana.

¹⁶⁸ Como dos geodésicas, en un espacio no euclidiano, tampoco encierran un espacio.

¹⁶⁹ Recordemos que por lo visto en el capítulo II, en cuanto al espacio: hay que distinguir entre intuición pura e intuición formal (dotada de estructura) e intuición empírica.

Geometría¹⁷⁰ dice de ésta, vale también sin objeción para aquélla, y no tienen lugar las escapatorias [que pretextan] que los objetos de los sentidos podrían no corresponder a las reglas de la construcción en el espacio (p. ej. a la infinita divisibilidad de las líneas o de los ángulos). Pues con ellas se deniega la validez objetiva al espacio, y con él, a la vez, a toda matemática¹⁷¹, y no se sabe ya por qué y hasta dónde ésta puede ser aplicada a los fenómenos. <A165>[B206]

Creemos que parte de esta cita y la última afirmación, pueden ser usadas tanto a favor como en contra de Kant. En contra, la interpretación ortodoxa ha visto en dicha afirmación, y en otras (contenidas sobre todo en la Estética Trascendental), la fórmula de que hay que entender a Kant en términos de que la estructura de la intuición espacial que está postulando, es euclidiana; por lo que se entiende a su vez que nuestra intuición espacial *a priori* es euclidiana, lo cual ha sido fatal para Kant, frente a lo que ha traído la relatividad. Sin embargo, viendo lo positivo de esta cita, Kant entiende por Geometría, una “matemática de la extensión”, tal que sirve de base para hablar de validez tanto de la intuición pura como de la intuición empírica, es decir, permite llevar a cabo sólo una representación estructurada de la síntesis espacial. Por tanto, si es posible hacer una síntesis espacial de objetos, estructurada ya sea en una geometría euclidiana o no euclidiana, ¿qué es lo que puede entrar en contradicción con esta parte de la obra de Kant, cuando él no habla específicamente de una geometría en particular, sino de “matemática de la extensión”, categoría que se aplica adecuadamente a cualquier geometría?¹⁷²

Anticipaciones de la percepción.

¹⁷⁰ Como “matemática de la extensión” (geometrías euclidianas y no euclidianas).

¹⁷¹ Si se niega la aplicación de alguna otra geometría, dígase no euclidiana, a los objetos de los sentidos, se niega a su vez, la posibilidad de la experiencia en relatividad, a pesar de la no “reproductibilidad” de una geometría cuatridimensional, pues toda experiencia en relatividad, verifica una condición de experiencia de carácter kantiano (véase la próxima sección).

¹⁷² *Cfr.* “La síntesis de los espacios y tiempos, como [síntesis] de la forma esencial de toda intuición, es lo que hace posible a la vez la | aprehensión del fenómeno, y por consiguiente, toda experiencia externa, y en consecuencia también todo conocimiento de los objetos de ella; y lo que la matemática, en su uso puro, demuestra de aquélla, vale también necesariamente para ésta.” <A166>[B206]

Éstas están relacionadas con las categorías de la cualidad: realidad, negación, limitación. A reserva de que ya hemos hecho la distinción entre experiencia y percepción (véase la sección anterior), Kant define aquí a la percepción como “conciencia empírica”, pero lo hace aclarando que es “una conciencia en la cual hay, a la vez, sensación.” [B207] Un poco más adelante, Kant menciona algo que ya habíamos señalado en la sección anterior: que la percepción es “representación meramente subjetiva”, con la cual sólo se es consciente de que un sujeto ha sido meramente afectado (ver *Prolegómenos* § 8).

Aclarado lo anterior, podemos establecer el principio de todas las percepciones: “*En todos los fenómenos, lo real, que es un objeto de la sensación, tiene cantidad intensiva, es decir, un grado.*” [B207] Pero ¿qué es una cantidad intensiva? Lo primero que podríamos hacer es intentar definirla en términos de su distinción con respecto a las cantidades extensivas¹⁷³, lo cual podría traer más confusión de la contenida en la misma obra de Kant. Así, siguiendo a Guyer (2010), una cantidad intensiva es “aquella cantidad que sólo es aprehendida como unidad, y en la cual la pluralidad sólo puede ser representada mediante la aproximación a la negación =0.” <A168>[B210] De aquí que Kant pueda afirmar que “toda realidad en el fenómeno tiene cantidad intensiva, es decir, un grado”. Y finalmente, un grado es una cantidad tal que su aprehensión no es sucesiva, sino instantánea.

Ahora bien, Kant considera que puede llamarse anticipación a todo conocimiento que permite “conocer y determinar *a priori* aquello que pertenece al conocimiento empírico, de aquí que las determinaciones puras del espacio y el tiempo pueden ser consideradas como anticipaciones de los fenómenos, pues “representan *a priori* todo lo que pueda ser dado *a posteriori* en la experiencia”.

Cabe señalar que en esta parte, Kant afirma que los fenómenos, ya sean cantidades extensivas, en relación con la intuición, o cantidades intensivas, en relación con la percepción, éstas son “cantidades continuas”. Por ejemplo: “El espacio y el tiempo son *quanta continua*, porque no puede ser dada ninguna parte de ellos, sin encerrarla entre límites (puntos e instantes); por tanto, solamente que esta

¹⁷³ Precisamente a este tenor, Jonathan Bennett (1966) desarrolla dicha distinción, sin embargo, consideramos que el análisis de Bennett resulta un tanto confuso.

parte misma sea a su vez un espacio o un tiempo. Por consiguiente, el espacio consiste solamente en espacios y el tiempo en tiempos.” <A169>[B211] Si bien, la explicación de cómo se aplican las categorías de la cualidad, se lleva a cabo más explícitamente en los *Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza*¹⁷⁴ (véase la siguiente sección), cabe aclarar que Kant se centra principalmente en mostrar con ejemplos, lo que es una cantidad intensiva, lo que posee un grado, aclarando que la *cualidad* de la sensación (materia de las percepciones) es empírica, y tal que no puede ser representada *a priori*. Finalmente, Kant termina esta parte de la Analítica afirmando: “Es notable que en las cantidades en general sólo podemos conocer *a priori* una única *cualidad*, a saber, la continuidad; mientras que en toda cualidad (lo real de los fenómenos) no podemos conocer *a priori* nada más que la *cantidad* intensiva de ella, a saber, que tienen un grado; todo lo demás queda abandonado a la experiencia.” <A176>[B218]

Analogías de la experiencia.

Las analogías de la experiencia constituyen tres principios que fundamentan la posibilidad de constituir objetos de experiencia. “Ellas nos muestran que ciertos principios son requeridos en orden para fundamentar determinaciones temporales acerca de objetos.” (Guyer 1987, p. 207)¹⁷⁵ De tal modo que la primera analogía está referida a la “permanencia de la substancia”; la segunda trata sobre “el principio de causalidad”; y la tercera versa sobre “el principio de comunidad de las substancias”.

El grado de importancia de las tres analogías tiene que ver con que permiten identificar tres principios fundamentales, que garantizan la existencia de los objetos de experiencia, entendidos como fenómenos, y su conexión con los distintos modos del tiempo: permanencia, sucesión y simultaneidad. De esta forma, Kant establece el principio general de las tres analogías: “*La experiencia es posible sólo mediante la representación de una conexión necesaria de las percepciones.*”¹⁷⁶ <A177>[B219]

¹⁷⁴ Paul Guyer (2010) menciona este hecho.

¹⁷⁵ “They show us that certain principles are required in order to ground temporal determinations about objects.”

¹⁷⁶ Paul Guyer (1987) cita el principio general de las analogías, contenido en la primera edición de la *KrV*: “All appearances, as far as their existence is concerned, stand *a priori* under rules of the determination of their relation

Como ya hemos definido en la sección anterior, debe entenderse experiencia como “conjunto de percepciones enlazadas en una conciencia”, que no se contrapone con lo que menciona Kant en la prueba del principio de las analogías: “Experiencia es un conocimiento empírico, es decir, un conocimiento que determina un objeto mediante percepciones.” (*Ibidem*) De aquí que precisamente, al apelar a “enlace de percepciones”, éstas necesariamente se refieren a “la existencia de lo múltiple”, es decir, a una “determinación de los objetos en el tiempo.” En este sentido Kant nos dice:

El principio general de las tres analogías se basa en la *unidad* necesaria de la apercepción con respecto a toda conciencia empírica posible ([con respecto] a la percepción) *en todo tiempo*, y en consecuencia, puesto que aquella [unidad] sirve *a priori* de fundamento, [el principio se basa] en la unidad sintética de todos los fenómenos según la relación de ellos con el tiempo...

Esta *unidad sintética* en la relación temporal de todas las percepciones, [unidad] que *está determinada a priori*, es, pues, la ley: que todas las determinaciones | temporales empíricas deben estar bajo reglas de la determinación temporal universal; y las analogías de la experiencia, de las que vamos a tratar ahora, deben ser tales reglas.
<A178>[B220]

Debe entenderse que los fenómenos, en su *existencia*, no pueden ser dados *a priori*, los principios matemáticos tratados anteriormente (axiomas de la intuición y anticipaciones de la percepción), tienen que ver con los fenómenos, como posibilidad, en la aplicación de la matemática a ellos, por lo que corresponden a principios constitutivos. Las analogías de la experiencia, al ser principios regulativos, “someten *a priori*, bajo ciertas reglas, la existencia de los fenómenos”, en el sentido de que la *existencia* no se construye, sólo constituye una cierta relación de los modos del tiempo mencionados. Así, finalmente:

to another in one time. (A176-7)” (p. 208) Si bien, la interpretación de Guyer resulta relevante, cabe aclarar que no nos hemos basado en ésta, sólo se ha citado como dato interesante.

La analogía no es igualdad de dos relaciones *cuantitativas*, sino [de dos relaciones] *cualitativas*, en la cual, a partir de tres miembros dados | sólo puedo conocer y dar *a priori* la relación con un cuarto, pero no *este* cuarto *miembro* mismo; aunque tengo, por cierto, una regla para buscarlo en la experiencia, y una señal para encontrarlo en ella. Una analogía de la experiencia será, entonces, sólo una regla según la cual, de las percepciones, ha de surgir la unidad de la experiencia (no como [si fuera] ella misma una percepción, [entendida] como intuición empírica en general); y como principio valdrá para los objetos (para los fenómenos) no *constitutivamente*, sino sólo // *regulativamente*. <A180>[B223]

Cabe señalar aquí precisamente la diferencia entre principios constitutivos y principios regulativos (ver a su vez <A664>[B692]), pues en términos generales, Kant entiende a las analogías de la experiencia como principios regulativos, análogamente a lo que en los *Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza*, entiende la idea de “espacio absoluto”, como una idea regulativa de la razón (ver la siguiente sección); sin embargo, las analogías son a su vez principios constitutivos, en el ámbito de una teoría como la física newtoniana. Los principios matemáticos son constitutivos en la intuición, los dinámicos, regulativos; asimismo, estos últimos son constitutivos en la experiencia. ¿Tiene aquí cabida la idea de que apelar a una estructura espacial, sea euclidiana o no euclidiana, permite estructurar, constituir, a su vez, experiencias de objetos? Este último sentido será tratado en la siguiente sección. Finalmente, como ya hemos mencionado en la sección pasada, puede que las condiciones de posibilidad de la experiencia, postuladas por Kant, no sean suficientes, a la luz, sobre todo, de los avances de la física del siglo XX. Como menciona Roberto Torretti (1967): “Parece obvio que las condiciones *necesarias* de la posibilidad de la experiencia formuladas por Kant no alcanzan a ser sus condiciones *suficientes*.” (p. 452)

PRIMERA ANALOGÍA.

Mucho se ha dicho sobre el tratamiento de ésta y las demás analogías, sobre todo en términos de su posible oscuridad o poca coherencia¹⁷⁷, sin embargo, con respecto a la primera analogía, gran parte de las críticas giran en torno a los argumentos de Kant con respecto a lo que entiende por substancia, pues algunos de los críticos creen, por ejemplo, haber identificado más de un sentido del término¹⁷⁸. Debido a que nuestro interés no es polemizar alrededor de la terminología, sino simplemente hacer una lectura consistente de Kant (desde Kant mismo), creemos que esta primera analogía permite identificar —en parte, si nos atenemos a la segunda edición de la *KrV*—, cómo, en todo cambio, lo que permanece es el substrato¹⁷⁹ de la substancia en el tiempo.

Así, el principio de la primera analogía dice: “En todo cambio de los *fenómenos* permanece la *substancia*, y el *quantum* de ella no se acrecienta ni disminuye en la naturaleza.” [B224] De aquí que pueda pasar Kant a probar que dado que todos los fenómenos se encuentran en el tiempo, y éstos pueden ser, o sucesivos o simultáneos, debe haber “algo” que permanezca, lo cual ha de ser el substrato de la substancia. Kant establece la primera parte de su argumento de la forma:

Todos los fenómenos están en el tiempo, sólo en el cual, como substrato, (como forma permanente de la intuición interna), pueden ser representadas tanto la *simultaneidad* como la *sucesión*. El tiempo, por tanto, en el cual todo // cambio de los fenómenos ha de ser pensado, permanece y no cambia; porque él es aquello en lo que la sucesión o la simultaneidad pueden ser representadas sólo como determinaciones de él. Ahora bien, el tiempo, en sí, no puede ser percibido. En consecuencia, en los objetos de la percepción, es decir, en los fenómenos, debe encontrarse el substrato que representa al tiempo en general, y en el cual puede ser percibido, en la aprehensión, todo cambio o simultaneidad por medio de la relación de

¹⁷⁷ A este tener puede verse Strawson (1966), Bennett (1966), Guyer (1987).

¹⁷⁸ Este es el caso de Jonathan Bennett (1966), quien distingue dos sentidos de substancia: substancia (S₁) en el sentido de aquello que posee atributos; y substancia (S₂) lo permanente en su sentido más general.

¹⁷⁹ Hemos de decir que en el tenor de Kant, ha de entenderse por substrato aquello que corresponde al “soporte” de una cosa, lo que está <<debajo de>>.

los fenómenos con él. Pero el substrato de todo lo real, es decir, de lo que pertenece a la existencia de las cosas, es la *substancia*, en la cual todo lo que pertenece a la existencia puede ser pensado sólo como determinación. Por consiguiente, lo permanente, sólo en relación con lo cual pueden ser determinadas todas las relaciones temporales de los fenómenos, es la substancia en el fenómeno, es decir, lo real de éste, lo cual, como substrato de todo cambio, permanece siempre el mismo. Y como ella no puede cambiar en la existencia, entonces tampoco su *quantum* en la naturaleza puede aumentarse ni disminuirse. <A182>[B225]

Este largo argumento contiene varios puntos importantes. El primero se refiere a la naturaleza y condición del tiempo. En cuanto a su naturaleza, como ya fue tratado en el capítulo II, el tiempo es un orden de presentación, de tal manera que el tiempo se entiende a su vez como intuición pura *a priori*, por lo que, como dijera Allison (1992): “Es obvio que aquí por <<representación de tiempo>> debe entenderse tiempo como forma de intuición (la intuición pura indeterminada) y no intuición formal (determinada).” (p. 313) En cuanto a su condición: el tiempo en sí no puede percibirse, es decir, no es un ente, un objeto que pueda ser representado, “más bien, es la forma o modo de representar objetos”. De esto último, como veremos en el capítulo V: lo que la relatividad trae a colación, es que el tiempo no es un ente del mundo, lo cual no puede estar más que en concordancia con Kant.

Asimismo, Kant afirma que sólo en los fenómenos es donde puede identificarse el “substrato de la permanencia de algo”, ya que precisamente, ese “algo” es aquello que puede representar el substrato de lo que permanece en el fenómeno, lo cual sólo puede corresponder a la substancia. El siguiente argumento, que a grandes rasgos nos habla de las “determinaciones de la substancia”, nos habla a su vez de cómo dichas determinaciones fundamentan <<lo real en el fenómeno>>¹⁸⁰. El argumento avanza simplemente si entendemos que por <<determinaciones de la substancia>>, Kant se refiere únicamente a sus

¹⁸⁰ Esta parte del argumento ha provocado diversas críticas, sobre todo por su oscuridad en cuanto a qué está entendiendo Kant por substancia, de aquí que autores como Jonathan Bennett (1966), hayan identificado los dos sentidos de substancia mencionados en una nota anterior, y tal que pretende mostrar cierta inconsistencia en los argumentos de Kant. Sin embargo, dicha posible inconsistencia se debe más a la misma oscuridad del argumento, que a su real inconsistencia.

accidentes¹⁸¹, y no a distintos tipos de sustancias¹⁸². Lo que a continuación nos dice Kant, es que, dado que los fenómenos están en el tiempo, la sucesión de éstos define lo real, lo que permanece, lo cual no puede entenderse como permanencia relativa o absoluta, simplemente es el substrato de lo permanente en el fenómeno, así lo dice Kant casi al final de la primera analogía:

Las sustancias¹⁸³ (en el fenómeno) son los substratos de todas las determinaciones temporales. El nacer de algunas de ellas, y el perecer de otras, suprimiría incluso la única condición de la unidad empírica del tiempo, // y los fenómenos se referirían entonces a dos tiempos diferentes, en los cuales, uno junto al otro, fluiría la existencia, lo cual es absurdo. <A188>[B231-2]

Lo que Kant nos está diciendo es que algo no puede ser y no-ser al mismo tiempo, lo que existe (como posibilidad en la existencia) es la sustancia y sus distintas determinaciones, lo cual es lo <<real en el fenómeno>>. Por algo, Kant habrá de referirse al *quantum* de la sustancia en el fenómeno. En esta última parte del argumento, muchos críticos, como por ejemplo P. F. Strawson (1966), ven que Kant basa su argumento en la <<ley de la conservación de la materia>>, pasando abruptamente de consideraciones trascendentales a consideraciones empíricas; lo cual creemos que no es el caso, simplemente porque Kant no habla para nada de <<cantidad de materia>>, como sí lo hace explícitamente en los *Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza*. Lo que a nuestro modo de ver Kant está entendiendo por *quantum* de la sustancia, es su espacialidad, es decir, lo que permanece en la sustancia es su “cantidad extensiva”. Este último paso del argumento habrá que relacionarlo directamente con lo que Kant argumenta sobre la permanencia de la sustancia, de tal manera que: “Esta permanencia, empero, no es

¹⁸¹ Cfr. “Las determinaciones de una sustancia, que no son otra cosa que particulares maneras de existir de ella, se llaman *accidentes*. Son siempre reales, porque conciernen a la existencia de la sustancia (las negaciones son sólo determinaciones que expresan el no-ser de algo en la sustancia.” <A186>[B229]

¹⁸² La confusión puede seguirse sosteniendo si se atiende a que un poco más adelante, en [B227] Kant afirma: “En todos los fenómenos, lo permanente es el objeto mismo, es decir, la sustancia (*phaenomenon*), pero todo lo que cambia, | o puede cambiar, pertenece sólo al modo como esta sustancia o estas sustancias existen, [y pertenece,] por tanto, a las determinaciones de ella.”

¹⁸³ Kant menciona “sustancias”, pero su argumento marcha si simplemente hubiera dicho “sustancia”.

más que la manera de representarnos la existencia de las cosas (en el fenómeno).”
<A186>[B229]

Con todo lo anterior, puede Kant concluir la primera analogía afirmando: “Así, según esto, la permanencia es una condición necesaria, sólo bajo la cual los fenómenos son determinables en una experiencia posible como cosas u objetos.”
<A189>[B232]

SEGUNDA ANALOGÍA.

A reserva de lo ya mencionado en el apartado precedente, cabe mencionar que esta parte de la *KrV* constituye una de las más tratadas, y asimismo, de las que más críticas ha despertado, pues precisamente aquí se encuentran gran parte de los argumentos de Kant, que para algunos reflejan su respuesta a Hume¹⁸⁴, sobre todo en relación con el problema de la inducción y el escepticismo. Aun así, no es nuestro interés entrar en ésta y otras polémicas que los argumentos kantianos de la segunda analogía puedan traer a colación; de nuestro interés en cambio es identificar cómo es que Kant entiende lo relacionado con la causalidad, si puede aceptarse, por ejemplo, que nos está hablando de la “causalidad absoluta”, de una “teoría causal del tiempo”; este caso ha sido, en parte, considerado por la interpretación ortodoxa del argumento de la segunda analogía.

Dicho lo anterior, el *Principio de la sucesión temporal según la ley de la causalidad*, de acuerdo a la segunda edición, versa: “Todas las alteraciones suceden según la ley de la conexión de la causa y el efecto.” [B232] ¿Aquí puede identificarse que Kant nos está hablando de una “ley causal universal”, o sólo de la regla, causal, de que toda sucesión en el tiempo, tiene una “conexión” entre dos eventos, tales que uno es la causa o el antecedente de otro (efecto); y no, de nuevo, en atención a una única regla universal (misma causa - mismo efecto)? Es decir, más bien, lo que

¹⁸⁴ Puede verse Kemp Smith (1919), Strawson (1966), Bennett (1966), Lovejoy (1967), Melnick (1973), Guyer (1987), entre otros. Una de las críticas más puntuales sobre la segunda analogía es la llevada a cabo por Strawson y Lovejoy, en términos de que los argumentos de Kant contienen un “cargó” de *non sequitur*.

corresponde a la segunda analogía es que sólo hay una relación causal tipo: <<todo evento – alguna causa>>¹⁸⁵.

Como se ha mencionado, existen muchas líneas de interpretación que podrían dar una respuesta afirmativa a la primera parte de la cuestión, no ya a la segunda, de aquí, incluso, las tan sonadas críticas sobre la idea de causalidad en Kant, en relación con el carácter <<no-causal>> (más bien no-determinista), por ejemplo, de los sistemas cuánticos¹⁸⁶. Aun así, puede hacerse una lectura de la segunda analogía, que no tenga la necesidad de enfrentarse a muchas de las críticas, si se entiende que en la segunda analogía:

- “El primer aspecto que debe destacarse aquí es que el argumento de Kant trata de probar que el concepto o esquema de causalidad es una condición necesaria para la experiencia de la sucesión de estados en un objeto, i. e., para la experiencia de un *evento*, y no para el ordenamiento de diversos eventos.” (Allison 1983, p. 353) Con lo cual sólo habría de considerarse que el principio de causalidad es de la forma <<todo evento - alguna causa>>. Si es posible mostrar esto último, a partir de los argumentos contenidos en la segunda analogía, entonces, habría que entender a su vez que:
- Se debe separar la explicación kantiana entre su apelación a “leyes causales particulares”, y la existencia del principio trascendental de causalidad, de carácter *a priori*; es decir, lo universal y necesario será el principio de causalidad, la categoría. Se debe a su vez entender que las leyes causales son empíricas, por tanto, la verdad de estas últimas se obtiene en apego a reglas, como el principio de determinismo. Parte de estos argumentos los desarrollaremos con detalle en la siguiente sección, para lo cual seguiremos a Michael Friedman (1992) en su lectura sobre la segunda analogía, y su relación con los *Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza*.

¹⁸⁵ Esta línea de interpretación es llevada a cabo por Allison (1983), aquí creemos que efectivamente puede entenderse que Kant sólo nos habla de un cierto tipo de relación causal, no de la “causalidad absoluta”: misma causa-mismo efecto, siempre y universalmente.

¹⁸⁶ Algunos creen que la idea de causalidad de Kant, y a su vez, su “teoría causal del tiempo”, si es que hay tal, están plenamente insertadas en el determinismo imperante en la física de su tiempo. Ver por ejemplo Melnick (2006). Con respecto a la posible vigencia de Kant en esta temática específica, puede verse Hacyan (2006), Mittelstaedt (1996, 2009), entre otros.

Ahora bien, con respecto al primer punto, el problema a resolver es cómo, si puede ser el caso, establecer un “orden temporal objetivo”. Como ya se mostró en la primera analogía: “todo cambio o sucesión de los fenómenos es sólo alteración” de la substancia que permanece como substrato, pero asimismo: ¿cómo es que puede percibirse que los fenómenos se suceden unos a otros? En el tenor de Kant, los fenómenos se suceden unos a otros porque la aprehensión siempre es sucesiva (entendiendo que un fenómeno en un tiempo es un estado), es decir:

Conecto, pues, dos percepciones en el tiempo. Pero la conexión no es obra del mero sentido ni de la intuición, sino, aquí, el producto de una facultad sintética de la imaginación, que determina el sentido interno con respecto a la relación temporal. Esta [facultad] puede enlazar de dos maneras los dos estados mencionados, de manera que el uno, o el otro, preceda en el tiempo;... Por consiguiente, sólo soy consciente de que mi imaginación coloca un [estado] antes, y el otro después; no de que un estado preceda al otro en el objeto; o, con otras palabras, // por la mera percepción queda indeterminada la *relación objetiva* de los fenómenos que se siguen unos a otros. Para que ésta sea conocida como determinada, la relación entre los dos estados debe ser pensada de tal manera, que con ella se determine como necesario cuál de ellos debe ser colocado antes, y cuál después, y no a la inversa. Pero el concepto que lleva consigo una necesidad de la unidad sintética sólo puede ser un concepto puro del entendimiento, que no resida en la percepción, y éste es aquí el concepto de *la relación de la causa y el efecto*, de los cuales la primera determina al último en el tiempo como consecuencia. <A189>[B234]

Esta larga cita nos da la primera referencia de cómo Kant pretende establecer el orden temporal objetivo, en apego a una regla: la categoría de causalidad, propia del entendimiento. Aunque todavía podría pensarse que Kant no puede apelar a un orden objetivo, puesto que parte de sus argumentos se mueven por el orden subjetivo, pues así lo menciona un poco más adelante:

Se trata de mostrar por medio de ejemplos, que nunca, ni aun en la experiencia, atribuimos la sucesión (de un acontecimiento, cuando algo acontece que antes no

estaba) al objeto, distinguiéndola de la [sucesión] subjetiva de nuestra // aprehensión, salvo si hay, como fundamento, una regla que nos obliga a observar ese orden de las percepciones más bien que otro. <A197>[B242]

El problema específico aquí es mostrar cómo es posible llevar a cabo un juicio que sea objetivo, y que muestre que un estado A precede a un estado B, en el orden temporal objetivo.

Los ejemplos de Kant han sido entendidos por algunos críticos como controversiales¹⁸⁷. Sin embargo, dado que a su vez, el problema de las analogías está relacionado con la existencia de objetos, y con las posibilidades de llevar a cabo una experiencia de éstos, y por lo visto en secciones anteriores: las condiciones de posibilidad de la experiencia de un objeto, en términos de llevar a cabo una experiencia de éste, explican lo que a su vez, el objeto es. Por tanto, lo que hace Kant es mostrar que al representar fenómenos como objetos, lo que a su vez hacemos es representarnos un orden temporal objetivo, por medio de una regla. Con lo que:

Si investigamos cuál es la nueva constitución que la *referencia a un objeto* les da a nuestras representaciones, y cuál es la dignidad que éstas por medio de ella reciben, encontramos que ella no hace otra cosa que tornar necesario, de cierta manera, el enlace de las representaciones, y someterlo a una regla; y que inversamente, sólo // porque cierto orden en las relaciones temporales de nuestras representaciones es necesario, se les asigna a ellas significación objetiva. <A197>[B243]

Sólo es posible la “representación de estados sucesivos de un objeto, en el fenómeno”, mediante la aplicación de una regla del entendimiento *a priori*, la categoría de causalidad, y por tanto, ésta da fundamento a la sucesión del orden temporal objetivo.

Pero todavía no queda del todo completo cómo es que ese “orden temporal objetivo”: a un evento A le sucede un B, de acuerdo a una regla, es así y no de otra

¹⁸⁷ Ver por ejemplo Melnick (2006). Kant establece varios ejemplos para intentar explicar la sucesión temporal objetiva. El primer ejemplo tiene que ver con la “aprehensión de lo múltiple en el fenómeno de una casa”.

forma, es decir, ¿necesariamente el orden temporal es irreversible? Aquí va de la mano tanto el orden subjetivo como el orden objetivo de las percepciones, y a su vez, de si en toda experiencia existe únicamente un orden temporal, que necesariamente un evento A sea el antecedente de un evento B, y no pueda existir el caso contrario, y a su vez, podamos también percibirlo. La solución de Kant, a pesar de muchos de los críticos¹⁸⁸, se sustenta precisamente en lo mencionado al principio del párrafo: el orden objetivo se fundamenta mediante la apelación de una regla del entendimiento *a priori*, la categoría de causalidad.

Hasta aquí, podría pensarse que “nosotros imponemos el orden temporal”, al subsumir dicho orden, al hacerlo depender de nuestras facultades cognitivas, aunque no olvidemos que: “Para toda experiencia y su posibilidad se requiere entendimiento; y lo primero que él hace no es: tomar distinta la representación del objeto; sino, en general, hacer posible la representación de un objeto.” <A200>[B245] Por lo que, al haberse ya mostrado, en la primera analogía, que hay un representación de la sucesión temporal, tal que para la representación de un objeto, y sus alteraciones, la percepción del objeto apela a percepciones sucesivas. Para llevar a cabo una experiencia de un objeto, hay que identificar el esquema que hace posible dicha experiencia, para el caso tratado, el esquema es precisamente el de la causalidad, lo que a su vez da un fundamento objetivo al orden temporal de las percepciones, y de ahí, al orden temporal objetivo.

En parte, lo que se ha estado señalando es que el esquema de causalidad es indispensable para la experiencia de eventos, tal que permite conectar dichos eventos, a la vez de distinguir entre las alteraciones, las posiciones de un objeto en el fenómeno; pero no puede entenderse, categóricamente, que Kant está apelando a una teoría causal del tiempo¹⁸⁹, y a su vez, entender la idea de causalidad en Kant,

¹⁸⁸ Ver por ejemplo Strawson (1966), que acusa a Kant de proceder “by a *non sequitur* of numbing grossness”. Strawson cree que el error de Kant estriba en que al suponer que el orden sucesivo de percepciones es necesario, resulta equivalente a suponer que el cambio entre un evento A y un evento B es necesario en sí mismo, y por tanto, esto lo subsume en la “ley de determinación causal”, como si el cambio entre eventos estuviera precedido por una regla o ley. En nuestra interpretación intentamos mostrar que este no es el caso para el argumento kantiano de la segunda analogía.

¹⁸⁹ Para esta interpretación, puede verse Melnick (2006).

como una especie de determinismo¹⁹⁰, la <<causalidad absoluta>>¹⁹¹. Esto es, no debería entenderse que todas nuestras representaciones sucesivas deben apelar al esquema de la causalidad absoluta. Por algo, a su vez, Kant nos dice:

Todo aumento del conocimiento empírico, y todo progreso de la percepción, no es nada más que un ensanchamiento de la determinación del sentido interno, es decir, un avance en el tiempo, cualesquiera sean los objetos, fenómenos o intuiciones puras. Este avance en el tiempo lo determina todo, y en sí mismo no es determinado, a su vez, por nada; es decir, sus partes sólo son dadas en el tiempo, y mediante la síntesis de éste; pero no son dadas antes de él. <A210>[B255]

“No son dadas antes de él”, ¿será que precisamente Kant nos está diciendo que no existe necesariamente una “ley absoluta de la causalidad”, anterior, y que fundamenta el orden de percepciones? Al menos, lo que existen son las condiciones (intuiciones y categorías) para poder llevar a cabo una experiencia, ordenar el conjunto de percepciones, y configurar así un juicio de experiencia.

Finalmente, cabe recordar que el principio tratado en la segunda analogía es regulativo, y constitutivo en la configuración de la experiencia de objetos, a su vez, el sentido constitutivo de esto último lo adquiere en el marco de una teoría. Hablar sobre experiencia de objetos, implica aceptar el hecho de que pueden existir determinadas leyes causales de carácter empírico, con lo cual se abre la posibilidad de indagar si es posible, precisamente, llevar a cabo una experiencia sobre ese tipo de leyes causales particulares, que parece que no son conocidas *a priori*. Caben aquí las palabras de Michael Friedman (2006): “Kant no está tratando de derivar la

¹⁹⁰ Claro que existen muchos elementos para creer que Kant está hablando de una relación causal tipo determinismo, sobre todo por estar él mismo influenciado por la ciencia newtoniana, en cuanto al carácter determinista de los fenómenos físicos. Sin embargo, existen a su vez, ciertos elementos que nos llevan a identificar que el análisis de Kant, en cuanto a la aplicación del principio de causalidad, resulta ser mucho más amplio: “No nos importa aquí nada qué utilidad pueda tener este principio en la investigación de la naturaleza. Pero cómo puede ser posible enteramente *a priori* tal principio, que parece así ensanchar nuestro conocimiento de la naturaleza: eso requiere, y mucho, nuestro examen, aunque la apariencia a primera ojeada demuestra que [ese principio] es real y verdadero, y uno // podría, entonces, creer que podía ahorrarse la pregunta de cómo [tal principio] ha sido posible.” <A209>[B254]

¹⁹¹ *Cfr.* “Por consiguiente, toda alteración es posible solamente mediante una acción continua de la causalidad, la cual, en la medida que es uniforme, se llama un momento. La alteración no consiste en estos momentos, | sino en que es generada por ellos, como efecto de ellos.” <A209>[B254]

existencia de leyes generales causales o uniformidades en todo; su interés, preferentemente, es proveer un acuerdo de determinación objetiva tal que: explique lo que distingue secuencias de determinación objetiva de eventos meramente subjetivos y de sucesión indeterminada de percepciones.” (p. 169)¹⁹²

En la segunda analogía Kant no pretende establecer un principio causal de uniformidad de la naturaleza, lo que para muchos intérpretes es en lo que consiste su respuesta a Hume. Más bien, Kant sólo ha deseado mostrar cómo se aplica la categoría de causalidad a los objetos de experiencia, lo cual está inmerso en cómo se identifica un orden temporal objetivo, una secuencia de eventos que preferentemente se conectan mediante una regla causal, no siendo ésta necesariamente del tipo de ley causal particular que puede identificarse en la experiencia, en la naturaleza misma. Una cosa es el principio de causalidad, la categoría, y lo otro el conjunto de leyes causales, de carácter empírico, que pueden identificarse en la experiencia.

TERCERA ANALOGÍA.

En términos generales, la tercera analogía se enfoca en desarrollar argumentos que muestren que el conocimiento de la simultaneidad, pretendidamente objetiva, requiere que las substancias se encuentren en mutua interacción, entendiendo por esta última, el que precisamente, si dos substancias se encuentran en mutua interacción, es porque existe una relación causal entre éstas¹⁹³. De aquí que el *Principio de la simultaneidad, según la ley de la acción recíproca, o comunidad*, lo establezca Kant de la forma: “Todas las substancias, en la medida en que pueden ser percibidas en el espacio como simultáneas, están en universal acción recíproca.” <A211>[B256] Basta resaltar el hecho que en tal principio, Kant introduce el aspecto espacial en la forma de percibir substancias, lo que a su vez lo lleva a fundamentar

¹⁹² “Kant is not trying to derive the existence of general causal laws or uniformities at all; his concern, rather, is to provide an account of objective determinacy as such: to explain what distinguishes determinate objective sequences of events from merely subjective and indeterminate succession of perceptions.”

¹⁹³ Eric Watkins en su obra *Kant and the Metaphysics of Causality* (2005), lleva a cabo una interpretación, tanto de la segunda como de la tercera analogías, que bien nos parece consistente con lo que hemos ido desarrollando, aquí habremos de establecer una interpretación de la tercera analogía, en atención a lo que el autor desarrolla en su texto.

que sólo pueden ser percibidas dos sustancias (en el espacio) como simultáneas, si se “acepta” que éstas están en mutua acción recíproca. “*Simultáneas* son las cosas, cuando en la intuición empírica la percepción de la una puede // seguir a la percepción de la otra y *viceversa* (lo que no puede ocurrir en la sucesión temporal de los fenómenos, tal como ha sido mostrado en el segundo principio).” [B257] En tanto que habla Kant de “determinaciones en el tiempo”, a la sazón de la segunda analogía, lo que hay que resaltar primero, es que para que dos sustancias se puedan concebir como simultáneas, debe haber una sucesión de percepciones de una y la otra, la cual puede ser tanto reversible como irreversible, como a continuación lo explica: “Así, puedo dirigir mi percepción primero a la luna, y después a la tierra, o también inversamente, primero a la tierra y luego a la luna; y porque las percepciones de estos objetos pueden seguirse recíprocamente la una a la otra, digo que ellos existen simultáneamente.” [B257]

Sin embargo, como “no se puede percibir el tiempo en sí mismo”, la pregunta es ¿cómo puedo percibir, al mismo tiempo, la simultaneidad de dos sustancias? Pues si las percepciones se siguen unas a otras, ¿cómo pueden seguirse recíprocamente? La respuesta de Kant es clara: “Se requiere un concepto del entendimiento, [concepto] de la mutua sucesión de las determinaciones de estas cosas que existen simultáneamente unas fuera de las otras, para decir que la sucesión recíproca de las percepciones está fundada en el objeto, y para representar así la simultaneidad como objetiva.” [B257] Como menciona Eric Watkins (2005): “(1) este argumento explícitamente invoca sustancias y (2) hay importantes diferencias entre las categorías de causalidad y la de comunidad.” (p. 219)¹⁹⁴ Es decir, hay que separar, aunque no radicalmente, el argumento de la tercera analogía del de la segunda, y a su vez, la categoría de comunidad de la de causalidad. Si bien, la tercera analogía puede verse como en mutua relación con la categoría de causalidad, tal categoría es independiente, en la medida que posibilita otro rasgo del tiempo: la simultaneidad, a diferencia del rasgo que fundamenta la causalidad: la sucesión. Finalmente, Kant afirma:

¹⁹⁴ “(1) this argument explicitly invokes substances and (2) that there are important differences between the categories of causality and community.”

Por consiguiente, la simultaneidad de las sustancias en el espacio no puede conocerse en la experiencia de otra manera que bajo la presuposición de una acción recíproca de las unas sobre las otras; ésta es, por consiguiente, también la condición de la posibilidad de las cosas mismas como objetos de experiencia.

Las cosas son simultáneas, en la medida en que existen en uno y el mismo tiempo. Pero ¿en qué se conoce que están en uno y el mismo tiempo? Cuando el orden en la síntesis de la aprehensión de este múltiple es indiferente, es decir, [cuando] puede ir de A a E, pasando por B, C, D, o también al revés, de E a A. Pues si fueran sucesivas en el tiempo (en el orden que comienza en A y termina en E) sería imposible comenzar la aprehensión en la percepción de E, retrocediendo hasta A; porque A pertenece al tiempo pasado, y por consiguiente ya no puede ser objeto de la aprehensión. <A211>[B258]

Esta larga cita nos da más elementos para identificar qué condiciones, según Kant, son necesarias para tener conocimiento de la coexistencia de dos sustancias, donde la principal condición está referida a la categoría de comunidad, claro, de manera adicional a la permanencia y relación causal entre las sustancias. Como ya lo ha hecho notar Kant en varios pasajes: “las condiciones de posibilidad de la experiencia son las condiciones de posibilidad de los objetos de experiencia”, por lo que, en el tenor de la tercera analogía, no basta la permanencia de la sustancia, ni la relación causal entre sustancias, para tener una experiencia de la coexistencia de sustancias, de aquí que pueda Kant afirmar: “Por tanto, a todas las sustancias en el fenómeno, en la medida en que son simultáneas, les es necesario estar en integral acción recíproca entre ellas.” <A213>[B260]

Creemos que, sin entrar en controversias, la tercera analogía, al explicarnos cómo es aplicada la categoría de comunidad, permitiendo fundamentar el modo temporal de simultaneidad, sólo está referida precisamente en relación con las condiciones de posibilidad de una experiencia, que puede configurarse en atención a la interacción entre dos objetos. Si es que Kant no hace explícita la distinción entre sustancia y objeto, o si da por sentado el uso implícito de las otras categorías, resultaría un asunto que rebasaría los alcances del presente trabajo. Sólo habrá que

señalar que el concepto de simultaneidad de Kant, está más cercano a lo que clásicamente se ha dado en llamar “simultaneidad absoluta”, aunque lo notorio de su concepto es que lo hace depender de la categoría de comunidad, de tal manera que para tener una experiencia de la simultaneidad de dos objetos o eventos, resulta indispensable aplicar la categoría de comunidad. ¿Está en contradicción la noción de simultaneidad de Kant, con la derivada de la relatividad?

Para finalizar, cabe aquí la conclusión de Kant:

Éstas son, pues, las tres analogías de la experiencia. No son otra cosa que principios de la determinación de la existencia de los fenómenos en el tiempo, según los tres *modis* de éste; [según] la relación con el tiempo mismo, como cantidad (la cantidad de la existencia, es decir, la duración); [según] la relación en el tiempo, como serie (sucesión), y finalmente también en él, como conjunto de toda existencia (simultáneamente). <A215>[B262]

Las tres analogías, que fundamentan la aplicación de las categorías dinámicas de la relación: substancia y accidente; causalidad; y comunidad, a los objetos de experiencia, en el tiempo, tendrán más adelante un papel específico, al identificar cómo se constituyen los objetos en las ciencias, específicamente en la física, pues precisamente, dichas analogías tienen que ver a su vez con la posibilidad de la existencia de objetos. Punto importante es señalar, como ya se hizo en alguna sección pasada, el concepto de naturaleza en Kant:

Por naturaleza (en sentido empírico) entendemos la interconexión de los fenómenos según su existencia, según reglas necesarias, es decir, según leyes. Hay, por consiguiente, ciertas leyes, que son *a priori*, y que hacen, ante todo, posible a una naturaleza; las empíricas sólo pueden tener lugar, y ser descubiertas, por medio de la experiencia, y como consecuencia de aquellas leyes originarias según las cuales la experiencia misma es, ante todo, posible. <A216>[B263]

Con todo esto, Kant considera que las analogías sólo han planteado cómo puede llevarse a cabo la experiencia de objetos en la naturaleza, tales que éstos pueden ser posible, si son “sometidos” a las posibilidades mismas de la experiencia, como ha sido desarrollado en las analogías y en las secciones pasadas. En la próxima sección veremos cómo dichas posibilidades pueden ser complementadas con ciertas posibilidades materiales, configurando una forma kantiana de constitución de los objetos de experiencia en las ciencias.

Postulados del pensar empírico en general.

Para concluir con el Sistema de los Principios del Entendimiento Puro, los siguientes postulados, y su explicación, concluyen la argumentación respecto a la aplicación de las categorías a los objetos de experiencia, específicamente, los postulados... se refieren a las categorías de modalidad (posibilidad-imposibilidad, existencia-no existencia, necesidad-contingencia). Los postulados son tres, y Kant los presenta de la forma:

“1º Lo que concuerda con las condiciones formales de la experiencia (según la intuición y los conceptos), es *posible*.” <A218>[B266]

Para que algo sea posible, para que un objeto pueda ser posible, el concepto establecido, del objeto, debe estar en concordancia con las posibilidades de la experiencia: intuiciones y categorías.

“2º Lo que está interconectado con las condiciones materiales de la experiencia (con la sensación), es *efectivamente real*.” <A218>[B266]

Es necesaria la percepción para poder realizar una síntesis, lo cual sólo se lleva a cabo a través de las sensaciones, de aquí que a su vez, cabe recordar que ningún objeto puede “entenderse como existente” sólo por su mero concepto, pues el objeto debe ser percibido como fenómeno, para lo cual puede tener, éste último, el

estatus de objeto de experiencia, de aquí que llegue a adquirir una “realidad efectiva”.

“3º Aquello cuya interconexión con lo efectivamente real está determinada según condiciones universales de la experiencia, es (existe) *necesariamente*.”
<A218>[B226]

Cabe mencionar aquí dos cosas. Una, la existencia es "constituida" bajo las condiciones formales (intuiciones y categorías). Dos, la existencia constituida es “necesaria” pues precisamente obedece al fenómeno, el objeto constituido en la experiencia, y todo lo que salga de las posibilidades de la experiencia, resulta que no puede existir necesariamente. En efecto, intuiciones y categorías son condiciones necesarias para que pueda algo existir, pero ¿podrá haber condiciones suficientes? A este último tenor, si se extienden las condiciones necesarias, la existencia de objetos puede garantizarse aún más. “La objetividad es un *logro* no un *don*”. Veamos cómo.

III.5 Sobre la idea de una “ontología de la experiencia”.

Un experimento de física no es solamente la constatación de un conjunto de hechos, sino también la traducción de esos hechos a un lenguaje simbólico, por medio de reglas tomadas de las teorías físicas.

Pierre Duhem
La teoría física

¿Cómo se constituyen los objetos de experiencia en la ciencia?, ¿obedece dicha constitución a ciertos aspectos teóricos, cognitivos y materiales, en conjunción, los cuales definen a su vez un conjunto común para constituir objetos, independientemente de las características epistémicas de la teoría que se desea verificar experimentalmente?, ¿tiene algo que decirnos Kant sobre la manera de constituir objetos de experiencia en la relatividad?

Generalmente, se cree que si existe una diferencia ontológica entre teorías, el carácter empírico de éstas puede que cambie, en el sentido de cómo se establecen las condiciones de verificabilidad, que cada teoría trae a colación. En nuestro caso, llevamos a cabo un análisis sobre las condiciones para constituir objetos en física, en relación con la física newtoniana y con la relatividad (caso específico, la relatividad general), de tal forma que podamos mostrar que ambas obedecen a lo que llamaremos una “ontología de la experiencia”, de carácter kantiano.

Consideramos que toda constitución de los objetos de experiencia, en una u otra teoría, apela a ciertos ítems básicos que involucran: elementos teóricos, epistemológicos y materiales; y en donde dichos elementos, en conjunto, definen lo que aquí llamaremos: “ontología de la experiencia”, es decir, ésta tiene que ver con establecer condiciones de objetividad para constituir los objetos de experiencia.

En términos del carácter experimental de la física, Pierre Duhem, en su obra *La Teoría Física* (1914/2003), pudo ya señalar varios aspectos específicos con respecto a éste. Así, el autor considera dos aspectos fundamentales para llevar a cabo todo experimento de física, los cuales resultan también aplicables al caso de la física moderna:

- Hay un conjunto de observaciones de ciertos fenómenos, que precisamente fundamenta lo que ha de entenderse por “observador”.
- Dichas observaciones deben ser susceptibles de *interpretarse*, lo cual sólo puede ser posible si dicha interpretación se sustenta en una teoría o teorías aceptadas.

Con lo anterior, dichas condiciones permiten a su vez constituir *objetos*, los cuales obedecen a aspectos propios de la teoría que ha de verificarse experimentalmente; con lo que es posible afirmar que dichos objetos constituyen una ontología, es decir, un conjunto de objetos postulados como existentes por la teoría; y tal que junto con la verificación experimental, conjugan ciertos elementos cognitivos, teóricos y materiales, es decir, definen una “ontología de la experiencia”.

Ahora bien, como menciona Duhem (1914/2003):

Un experimento físico es la observación precisa de un grupo de fenómenos acompañada de la INTERPRETACIÓN de esos fenómenos. Esta interpretación sustituye los datos concretos obtenidos realmente de la observación por representaciones abstractas y simbólicas que les corresponden en virtud de las teorías admitidas por el observador. (p. 193)

Precisamente, la interpretación de los datos experimentales se lleva a cabo en atención a la o las teorías vigentes, es decir, existe una interdependencia entre los procedimientos experimentales y la o las teorías que han de verificarse, aunado a las condiciones materiales: aparatos de medida, estos últimos también son interdependientes de las leyes físicas por las que se rige una determinada teoría. Lo que nos lleva a identificar que la manera en que se establecen las condiciones de experiencia (condiciones de objetividad) propias de una teoría, obedece a un conjunto de elementos: los aspectos teóricos de la teoría (que postula objetos); las condiciones cognitivas (en relación con lo que se denomina: observador); y las condiciones materiales (instrumentos de medida). Todo lo cual conforma a su vez las condiciones de objetividad, lo que aquí llamaremos “ontología de la experiencia”.

Finalmente, el objetivo de esta sección es ver cómo, tanto en la física de Newton como en la relatividad general, los objetos que postulan dichas teorías se constituyen mediante una “ontología de la experiencia”, de carácter kantiano. De lo anterior, como ya pudo verse en las secciones pasadas, Kant desarrolla en la Analítica Trascendental los aspectos fundamentales de lo que podría entenderse como “una teoría de la constitución de los objetos de experiencia”, y tal que postula que ésta tiene como elementos básicos a las intuiciones (espacio y tiempo) y los conceptos del entendimiento (categorías), de carácter *a priori*, pero a su vez, deja abierta la posibilidad de entender que “las condiciones de la experiencia definen a su vez a los objetos de experiencia”.

En esta sección, se amplía dicha forma kantiana de constituir objetos al caso de dos teorías de la física: la física newtoniana y la relatividad general (secciones III.5.1 y III.5.2, respectivamente).

III.5.1 Kant y la constitución de objetos de experiencia.

El método kantiano para constituir objetos de experiencia en física fue especificado propiamente en los *Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza* (*Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft, MAN*¹⁹⁵). En esta obra, lo que a su vez pretende Kant es explicar cómo se aplican las categorías a la constitución de los objetos de experiencia, para el caso específico de la física de Newton; es decir, cómo una ciencia de la naturaleza como la física de Newton, contiene en sí juicios sintéticos *a priori*. (Ver [B17-8])

Kant divide la obra en cuatro partes:

- 1er capítulo: Foronomía. Donde se define al movimiento de la materia como un *quantum* (categorías de la cantidad).
- 2º capítulo: Dinámica. El movimiento es considerado como perteneciente a la cualidad (categorías de la cualidad).
- 3er capítulo: Mecánica. Aquí se considera el movimiento de la materia con respecto a otros cuerpos (categorías de la relación).
- 4º capítulo: Fenomenología. Se considera al movimiento o reposo de la materia con respecto a la modalidad (categorías de la modalidad).

Cabe aclarar que Kant da un conjunto de definiciones en cada capítulo, de manera que en la Foronomía, que contiene los principios de aplicación de las categorías de la cantidad: unidad; pluralidad; totalidad, a la materia en movimiento, se establecen cinco definiciones:

DEFINICIÓN 1: “Materia es lo móvil en el espacio.” (IV, 480)

DEFINICIÓN 2: “El movimiento de una cosa es el CAMBIO DE LAS RELACIONES EXTERNAS de la cosa respecto de un espacio dado.” (IV, 482)

¹⁹⁵ Las referencias a esta obra corresponden a la traducción de Samuel Nemirovsky: *Primeros Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza*, 1993.

DEFINICIÓN 3: “El reposo es la presencia persistente (*praesentia perdurabilis*) en el mismo lugar; es PERSISTENTE lo que existe a través del tiempo, es decir, lo que dura.” (IV, 485)

DEFINICIÓN 4: “Construir el concepto de MOVIMIENTO COMPUESTO significa representar *a priori* en la intuición un movimiento, en la medida en que surge de dos o más movimientos dados, reunidos en un mismo móvil.” (IV, 486)

DEFINICIÓN 5: “LA COMPOSICIÓN DEL MOVIMIENTO es la representación del movimiento de un punto como idéntica con dos o más movimientos del punto combinados. (IV, 489)

De todo lo anterior, la Foronomía sólo se refiere a la posibilidad de los movimientos rectilíneos, por algo hay que considerarla como la teoría pura de la cantidad (*mathesis*) de los movimientos. A su vez, en la Foronomía, Kant define varios tipos de espacios:

- Espacio material, móvil o relativo (espacio físico).
- Espacio absoluto¹⁹⁶, donde es pensado todo movimiento.

Lo que precisamente nos interesa resaltar aquí, con respecto al espacio material o físico, es la idea de Kant, en relación con la geometría, dada en una nota del prefacio de la presente obra: “La esencia es el principio primero e interior de todo lo que pertenece a la posibilidad de una cosa. Por lo tanto, uno puede atribuir a las figuras geométricas sólo una esencia, pero no una naturaleza (puesto que en su concepto no es pensado nada que exprese una existencia [Dasein]).” (IV, 467) Lo que pretendemos señalar es que Kant considera al espacio geométrico como aquel que permite llevar a cabo una representación estructurada del espacio material o físico, pero no precisamente, como se ha visto a su vez en el capítulo anterior, está

¹⁹⁶ Este espacio, propio de la física newtoniana, es considerado por Kant como una “idea de la razón”. *Cfr.* “Kant firmly rejects the Newtonian conception of absolute space as an actual “object of experience”, and he suggests, instead, that it can be conceived along the lines of what he himself calls an “idea of reason.” In this sense, “absolute space” signifies nothing but an indefinitely extended sequence of ever larger “relative spaces,” such that any given relative space in the sequence, viewed initially as at rest, can be then viewed as moving with respect to a still larger relative space found later in the sequence.” (Friedman 2010, p. 243).

postulando la existencia de una estructura espacial geométrica (euclidiana), como naturaleza de lo que sería el espacio físico. Hay que distinguir entre el espacio como condición subjetiva (intuición pura, orden de presentación); el espacio representativo (configurado por la geometría); y el espacio como entidad física (ver capítulos I y II).

Así, sólo hay que entender que el espacio material o relativo es aquel donde puede “etiquetarse” el movimiento de la materia, algo así como “el escenario”, especificado por medio de una representación geométrica. Algunos aspectos del carácter ontológico de dicho espacio físico, en relación con Kant, serán tratados en el capítulo V, en el contexto de la relatividad general.

Ahora bien, en el capítulo 2 de *MAN*, la Dinámica, Kant define a la materia no en términos de su mera existencia y movimiento, como en la Foronómia, sino como aquello que llena un espacio y en relación con una fuerza motriz específica, a la vez de que implica la capacidad de un cuerpo a resistir un movimiento en un espacio. Se establecen por tanto siete definiciones:

DEFINICIÓN 1: “MATERIA es lo móvil en tanto que LLENA un espacio. LLENAR un espacio significa resistir a todo móvil que se esfuerza por penetrar con su movimiento en un espacio vacío.” (IV, 496)

DEFINICIÓN 2: “LA FUERZA DE ATRACCIÓN es aquella fuerza motriz por la que una materia puede ser la causa del acercamiento de otra hacia sí... LA FUERZA DE REPULSIÓN es aquella por la que una materia puede ser la causa por la que otra se aleje de ella.” (IV, 498)

DEFINICIÓN 3: “Una materia PENETRA a otra en su movimiento cuando, por compresión, suprime totalmente el espacio de su extensión.” (IV, 500)

DEFINICIÓN 4: “A la IMPENETRABILIDAD de la materia que reposa sobre la resistencia que crece proporcionalmente al grado de compresión, la llamo RELATIVA; pero a aquella que REPOSA SOBRE EL PRESUPUESTO de que la materia como tal no es susceptible de ninguna compresión, la llamo IMPENETRABILIDAD ABSOLUTA. (IV, 502)

DEFINICIÓN 5: “SUBSTANCIA MATERIAL es aquella que por sí, o sea separada de todo lo otro que existe por fuera de ella en el espacio, es móvil en el espacio.” (IV, 503)

DEFINICIÓN 6: “El contacto en sentido físico, es la acción y reacción inmediatas de la IMPENETRABILIDAD.” (IV, 512)

DEFINICIÓN 7: “Llamo FUERZA SUPERFICIAL a una fuerza motriz por la cual las materias no pueden actuar inmediatamente una sobre otra, más que en las superficies comunes de contacto; pero aquella por la cual una materia puede actuar inmediatamente sobre las partes de la otra, más allá de la superficie de contacto, la llamo FUERZA PENETRANTE.” (IV, 516)

Con la Dinámica, quedan establecidas las condiciones por las que las llamadas “categorías matemáticas”, es decir, “principios constitutivos”, se aplican a los objetos de experiencia. Las posteriores categorías, las dinámicas, que se refieren, como se ha tenido ocasión de identificar en la sección anterior, a la existencia de objetos, son precisamente las que dan sustento a las leyes de la naturaleza, en especial las tres leyes de Newton.

En el capítulo 3 de *MAN*, Kant fundamenta, en relación con las tres analogías de la experiencia, las leyes de la mecánica de Newton. Por tanto, hay que entender que la primera analogía (la permanencia de la substancia) está relacionada con la primera ley de Newton (ley de la inercia); la segunda analogía (ley de la causalidad) con la segunda ley de Newton (la fuerza como causa del movimiento); y la tercera analogía con la tercera ley de Newton (acción-reacción). De aquí que Kant establezca dos definiciones, dejando los teoremas del 2 al 4 para definir las leyes de Newton respectivamente, a saber:

DEFINICIÓN 1: “Materia es lo móvil, que en tanto tal, tiene una fuerza motriz.” (IV, 536)

DEFINICIÓN 2: “LA CANTIDAD DE MATERIA es el número de lo móvil [Menge des Bewegliches=número de partes móviles] en un espacio determinado. Esta cantidad, en la medida en que todas sus partes son consideradas en su movimiento simultáneamente activas (motrices), es llamada MASA, Y SE DICE QUE UNA MATERIA ACTÚA EN MASA cuando todas sus partes, moviéndose en la misma dirección Y A LA

VEZ, ejercen su fuerza motriz hacia afuera. Una masa de forma determinada se llama CUERPO (en sentido mecánico).” (IV, 537)

TEOREMA 2: “PRIMERA LEY DE LA MECÁNICA: en todos los cambios de la naturaleza corpórea, la cantidad de materia como un todo permanece la misma; no es ni aumentada ni disminuida.” (IV, 541)

TEOREMA 3: “SEGUNDA LEY DE LA MECÁNICA: todo cambio de la materia tiene una causa externa. (Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o movimiento en la misma dirección, con la misma velocidad, a menos que sea obligado a abandonar tal estado por una causa externa.)” (IV, 543)

TEOREMA 4: “TERCERA LEY DE LA MECÁNICA: en toda comunicación de movimiento, acción y reacción son siempre iguales una a otra.” (IV, 544)

Como puede identificarse, Kant considera que las tres leyes de Newton ilustran la aplicación literal de los principios tratados en las analogías de la experiencia, lo cual nos llevaría a identificar a su vez que está considerando a las tres leyes de Newton como “principios constitutivos de los objetos de experiencia”, es decir: “Las analogías de la experiencia y los postulados del pensamiento empírico ofrecen reglas acorde a las cuales la experiencia puede ser organizada.”¹⁹⁷ (Caygill 1995, p 129) Las analogías, como principios regulativos, han de ser reglas que orientan al entendimiento. Pero a su vez, en relación con las leyes de Newton, éstas son las que guían la constitución de los objetos en la experiencia, pues permiten tener un control de éstos, es decir, constituyen principios fundamentales que rigen la física newtoniana, y que permiten establecer criterios específicos de objetividad. Las tres leyes de Newton son principios sintéticos *a priori*, constitutivos, en el contexto epistémico de la física newtoniana.

Finalmente, en el capítulo 4, Kant establece lo concerniente a la Fenomenología, el cómo la materia como móvil puede ser objeto de una experiencia, por algo sólo establece una definición y tres teoremas:

¹⁹⁷ “The analogies of experience and the postulates of empirical thought offer rules according to which experience may be organized.”

TEOREMA 1: “El movimiento rectilíneo de una materia con respecto de un espacio empírico, como diferenciado del movimiento contrario de este espacio, es un predicado meramente POSIBLE.” (IV, 555)

TEOREMA 2: “El movimiento circular de una materia es, a diferencia del movimiento contrario del espacio, un predicado ACTUAL [o real=*wirklich*] de la materia. Por el contrario, el movimiento contrario de un espacio relativo, tomado en lugar del movimiento de un cuerpo, no es un movimiento actual del cuerpo; y si este movimiento contrario de un espacio relativo fuese tenido por un movimiento actual del cuerpo, tal movimiento sería una mera apariencia ilusoria [*Schein*].” (IV, 557)

TEOREMA 3: “En todo movimiento por el cual un cuerpo se mueve con respecto de otro, es NECESARIO un movimiento igual y contrario de este otro cuerpo.” (IV, 558)

En la Fenomenología, Kant analiza al movimiento en relación con las categorías de la posibilidad, la existencia y la necesidad, y precisamente cada teorema pretende explicar cómo es que se aplican, respectivamente, dichas categorías a los objetos de la experiencia (fenómenos). Así, si se ha de hablar del movimiento de los objetos, éstos deben considerarse como reales en tanto fenómenos, y tales movimientos, regidos por las leyes de la mecánica, son reales porque son objetos de experiencia en un espacio determinado (material o relativo).

Por lo visto hasta aquí, podemos afirmar que el método kantiano de la constitución de objetos de experiencia, planteado en la *KrV*, fue complementado en *Los Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza (MAN)*, específicamente en esta última obra para el caso de la física newtoniana. Así, como Peter Mittelstaedt (1994, 2009) ha tenido oportunidad de señalar, tal método de constitución de objetos de experiencia llega a ser aplicable literalmente al caso de la física newtoniana y, con ciertas restricciones, al caso de la física moderna. En este sentido, como se ha visto a lo largo del capítulo, para Kant, los objetos de toda posible experiencia son constituidos mediante la aplicación de las categorías a lo múltiple dado a las formas puras de la sensibilidad, de tal manera que un objeto de experiencia se constituye

mediante la síntesis de la apercepción, que involucra las intuiciones (espacio y tiempo) y los conceptos puros del entendimiento (categorías)¹⁹⁸, lo que permite identificar que “La constitución de ‘objetos de experiencia’ para nuestras percepciones y observaciones comienza con el requerimiento de *objetividad*.” (Mittelstaedt, 2009) A la vez de que es posible establecer un juicio sobre los objetos constituidos.

Asimismo, los objetos de experiencia son espacio-temporales, y se constituyen, para el caso de la física newtoniana, mediante la aplicación de las categorías de relación: substancia, causalidad y comunidad; a la vez del principio de determinación e individualidad; los cuales precisamente corresponden a las precondiciones necesarias, principios formales y *a priori* (cognitivos), que a su vez sustentan los aspectos dinámicos y permanentes de los objetos, en términos de las leyes de la naturaleza¹⁹⁹. Es decir, tales principios, como se ha visto, tienen un correlato en el contexto de la física newtoniana.

Así, para que un objeto sea individualizado, y pueda ser distinguido de otros, es preciso considerar a las precondiciones formales y *a priori*, junto con lo que puede llamarse “precondiciones materiales” de la experiencia, las cuales corresponden a las posibilidades materiales que hacen posible una observación²⁰⁰; y a su vez, para poder predicar sobre los objetos individuales, es decir, emitir un juicio sobre éstos, debemos remitirnos a un “contexto epistémico” (framework), el contenido teórico de

¹⁹⁸ Ambos elementos, intuiciones y categorías, constituyen los elementos básicos para “experimentar objetos”, es decir, lo que en la mayoría de los intérpretes se entiende por “metafísica de la experiencia”, el sistema de los principios a los cuales todo objeto de experiencia está sometido. En nuestro caso, hemos omitido recurrir a dicha caracterización, introduciendo el concepto de “ontología de la experiencia”, dado que resulta más preciso, y a su vez, resulta más amplio, ya que introduce como elemento lo referente a los “aparatos de medida”, los cuales constituyen elementos fundamentales, y con un papel “activo”, en la constitución de objetos de experiencia en la física moderna. Para identificar con precisión el término “metafísica de la experiencia”, puede verse Paton (1936), Strawson (1966).

¹⁹⁹ En la física clásica, resulta claro el hecho de que las leyes de la naturaleza bajo las cuales están diseñados los aparatos de medida, son a su vez, las mismas leyes que rigen la teoría, por lo que existe una condición de autoreferencia, que no afecta la interpretación de los datos experimentales, y tal que el criterio de objetividad resulta evidente.

²⁰⁰ En física clásica, no se considera que los instrumentos de medida jueguen una “papel activo” en la constitución de los objetos de experiencia, pues se da por hecho que éstos no afectan los resultados de los experimentos, simplemente porque las leyes de los aparatos de medida, son a su vez las mismas leyes que gobiernan a la o las teorías que intenta verificarse, a pesar del hecho de que los aparatos de medida son a su vez “objetos de experiencia”. Sin embargo, para el caso de la física moderna, el papel de los instrumentos de medida resulta relevante, sobre todo desde el punto de vista metodológico y epistemológico.

una teoría específica. Estos últimos (condiciones materiales y teorías), a pesar de no formar parte del proceso de cognición.

Dicho lo anterior, una “ontología de la experiencia”, de carácter kantiano, en física newtoniana, comprende: elementos cognitivos *a priori*; marcos conceptuales (frameworks de las teorías, que poseen también principios *a priori*); y aparatos de medida (condiciones materiales). Asimismo, una “ontología de la experiencia” establece condiciones específicas de objetividad.

Ahora bien, dado que la física newtoniana es una teoría determinista²⁰¹, los aparatos de medida están sujetos a leyes causales, y además, un objeto, al estar plenamente individualizado, es permanente, inalterable en el tiempo. Por lo que, de acuerdo con Kant, las leyes de substancia y causalidad²⁰² (analogías de la experiencia), poseen un carácter *a priori* para la constitución de todo objeto de experiencia, lo cual es completamente corroborado para el marco epistémico de la física newtoniana (primera y segunda leyes de Newton). A su vez, por lo dicho con respecto al espacio, se complementa el marco epistémico (framework) considerando un espacio euclidiano para constituir objetos.

Así, en la física newtoniana, para constituir los objetos de experiencia, se comienza con establecer criterios de objetividad, los cuales tienen que ver con condiciones cognitivas y materiales, a la vez de marcos epistémicos. Por lo que si puede hablarse de una “ontología de la experiencia”, de carácter kantiano, en la física newtoniana, ésta contempla:

- Elementos cognitivos (formas puras de la sensibilidad y entendimiento).
- Elementos materiales (instrumentos de medida).
- Marcos epistémicos (frameworks), lo que sería el contenido de una teoría, que contempla ecuaciones, objetos como puntos, masas, etc., así como la naturaleza de los objetos en una geometría euclidiana tridimensional, entre

²⁰¹ Cfr. “Una teoría física será llamada *determinista* cuando, partiendo del conocimiento supuesto de los resultados de ciertas mediciones iniciales, sea posible prever con certeza el resultado de cualquier medición ulterior.” (Février 1957, p. 22)

²⁰² Cabe aclarar aquí el sentido en que hemos interpretado a Kant, con respecto a las dos primeras analogías de la experiencia (ver la sección anterior), donde por ejemplo, la ley de la causalidad, como principio regulativo *a priori*, no está referido a lo que se entiende como <<causalidad absoluta>> (una misma causa-un mismo efecto).

otros, como las leyes propias de la teoría, que deben considerarse *a priori* en el proceso de constitución de los objetos de experiencia.

Con respecto al último punto por ejemplo, éste está relacionado con ciertos aspectos propios que Kant postula en el prefacio de *MAN*, en relación con la ciencia de la naturaleza, esto es:

- “La ciencia de la naturaleza, por su parte, será llamada PROPIA o IMPROPIAMENTE ciencia de la naturaleza; la primera tratará a su objeto exclusivamente de acuerdo con principios *a priori*; la segunda lo hará de acuerdo con las leyes de la experiencia.” (IV, 468)
- “Afirmando, pues, que en toda teoría particular de la naturaleza no podrá encontrarse ciencia EN SENTIDO PROPIO, más que en la medida en que pueda encontrarse MATEMÁTICA en ella.” (IV, 470)

En relación con el primer punto, la física newtoniana, a la sazón de Kant, tiene como principios *a priori* a las tres leyes de Newton, que son, a su vez, las que “correlatan” las categorías de substancia, causalidad y comunidad (analogías de la experiencia); y ha de complementarse, impropriamente, con el establecimiento de leyes empíricas, formando lo que Kant llama un “conocimiento racional aplicado”. Pero la legitimidad de una ciencia de la naturaleza, para Kant, proviene solamente del hecho de que posea principios *a priori*, es decir, principios propios del contenido epistémico de la teoría, que en este caso están definidos por las tres leyes de Newton y la postulación de la estructura espacial euclidiana, a la vez de considerar un carácter absoluto del tiempo.

Con respecto al segundo punto, debe haber matemática en toda ciencia de la naturaleza. Debe asimismo estructurarse un marco epistémico (framework), definido por un conjunto de principios, ecuaciones y objetos, lo cual se ve materializado en los modelos matemáticos que dicha teoría establezca.

Por tanto, la física newtoniana es una ciencia de la naturaleza, en sentido kantiano, puesto que resulta ser una investigación sobre principios *a priori* de la

naturaleza, la cual constituye objetos de experiencia en atención a dichos principios *a priori*, y en atención a condiciones materiales y marcos epistémicos, los cuales conforman condiciones de objetividad, que definen una “ontología de la experiencia”.

III.5.2 La constitución de objetos de experiencia en relatividad general.

El hilo conductor de la presente sección tiene que ver con tratar de responder la cuestión de si, análogamente a lo que fue el caso de la física newtoniana, es posible mostrar que la manera de constituir los objetos de experiencia en relatividad general, puede considerarse una “ontología de la experiencia”. El hecho de que la relatividad general sea una teoría determinista, la acerca a lo desarrollado en la sección pasada, sólo que el carácter no euclidiano del espaciotiempo relativista puede representar un inconveniente, y principios como el de la permanencia de la sustancia, o el de causalidad, puede que no se cumplan del todo en el marco de dicha teoría.

Así, lo que habremos de hacer en esta sección, es mostrar precisamente que para constituir los objetos de experiencia, puede considerarse que, en relatividad general, también se establecen condiciones de objetividad, del tipo de lo que hemos llamado una “ontología de la experiencia”, pero con ciertos matices propios del marco epistémico de la teoría. Lo anterior podrá sustentarse en términos de los test clásicos de dicha teoría: el avance del perihelio de Mercurio; la curvatura de la trayectoria de la luz al pasar cerca de un cuerpo masivo; y el corrimiento gravitacional de la luz hacia el rojo.

Dado que la teoría de la relatividad es considerada la mejor teoría sobre el espacio y el tiempo, y sus predicciones han sido probadas con precisión, ésta constituye, en su versión general, la base de la cosmología moderna. Cabe señalar que la relatividad especial²⁰³ ha cambiado sobre todo nuestras concepciones del

²⁰³ El caso de la relatividad especial será tratado en el capítulo V, en relación con la noción de tiempo; sin embargo, para esta teoría también es posible establecer un “círculo kantiano de autoconsistencia”. Como Peter Mittelstaedt (1976) ha podido mostrar, existe un rango de aplicación de la epistemología kantiana en el ámbito de la relatividad especial, tal que éste tiene que ver con la secuencia temporal de los eventos, donde en “eventos tipo tiempo” $(c^2(t_1-t_2)^2 - (x_2-x_1)^2 \geq 0)$ principios como el de permanencia de la sustancia, causalidad y comunidad (analogías de la experiencia) son aplicables.

tiempo, y es tal que corresponde a un caso particular de la relatividad general, pues es válida para marcos inerciales, libres de campos gravitacionales.

Ahora bien, centrándonos en el caso de la relatividad general, parte de su bagaje teórico corresponde a las ecuaciones de campo de Einstein (ver capítulo V), por ejemplo, Robert M. Wald (1998) presenta de manera compacta a las ecuaciones de campo de la forma²⁰⁴:

$$G_{\mu\nu}=8\pi kT_{\mu\nu}$$

Curvatura del espaciotiempo=Densidad energética de materia.

A la vez, John Earman y John Norton (1987), establecen que toda teoría de espaciotiempo puede caracterizarse en términos de modelos de espaciotiempo, esto es, un modelo es una variedad cuatridimensional diferenciable M , junto con un conjunto de objetos geométricos definidos en cada punto de la variedad, de manera que puede establecerse un conjunto de $n+1$ elementos de la forma: $\langle M, O_1, \dots, O_n \rangle$, donde M es una variedad diferenciable con una estructura intrínseca²⁰⁵, y O_1, \dots, O_n son objetos geométricos, para los cuales, en un modelo específico, se satisfacen un conjunto de ecuaciones de campo²⁰⁶.

Lo anterior llega a constituir, grosso modo, el marco teórico de la relatividad general²⁰⁷, y en el tenor de lo que hemos considerado como “ontología de la experiencia”, forma parte de los criterios de objetividad para constituir objetos de experiencia, pues constituye parte del marco epistémico (framework) de la teoría.

Cabe señalar que la relatividad general establece una interrelación entre la estructura geométrica del espaciotiempo y la distribución de la materia, es decir: “El

²⁰⁴ Corresponden a un conjunto de diez ecuaciones en derivadas parciales no lineales, que en términos generales describen la gravedad como el resultado de la curvatura del espacio tiempo debido a la presencia de materia y energía, o del campo gravitacional.

²⁰⁵ Entre otros aspectos, en M existe un difeomorfismo $d: M \rightarrow M$, es decir, un mapeo de M sobre sí misma, tal que el modelo de espaciotiempo satisface una covariancia sustantiva para una métrica específica.

²⁰⁶ Existe otra versión de las ecuaciones de campo que involucran lo que se conoce como “constante cosmológica”, sin embargo, independientemente de que si se considera dicha versión de las ecuaciones de campo, las predicciones observables pueden cambiar, esto no afecta a la condición de objetividad, a la manera en que se llega a constituir un objeto, al tomar como marco teórico dicha versión de las ecuaciones de campo.

²⁰⁷ Tal marco se ve complementado con algunos principios, como el covarianza, o la constancia de la velocidad de la luz.

espacio-tiempo actúa sobre la materia, diciéndole cómo moverse. Del mismo modo, la materia re actúa de regreso sobre el espacio, diciéndole cómo curvarse.” (Misner *et. al*, 1973) La estructura del espaciotiempo tiene una “condición dinámica”, esto es, la distribución de materia influye sobre la estructura del espaciotiempo, y la estructura del espaciotiempo hace que un cuerpo se mueva²⁰⁸. Finalmente, es preciso mencionar que una solución al conjunto de ecuaciones de campo permite estructurar predicciones observables²⁰⁹.

Así, en relatividad general el espacio euclidiano es sustituido por el espaciotiempo cuatridimensional. Es decir, se habla de una sola entidad, el espaciotiempo, no de espacio y tiempo como entidades absolutas e independientes. A su vez, la fuerza gravitacional de acción a distancia a la Newton deja de tener importancia para explicar la gravedad.

Todo lo anterior podría presentar ciertos inconvenientes epistemológicos a nuestra idea de una “ontología de la experiencia”. Y aunque si bien, a primera vista, podemos convencernos que no es válida la teoría kantiana de la constitución de objetos de experiencia en el marco de la relatividad general, lo anterior no es concluyente, puesto que el simple hecho de que pueda configurarse la experiencia de un “objeto”, que fácilmente se distingue del observador, contiene un cierto matiz kantiano, y la relatividad general no está exenta de ello.

Toda verificación experimental de la relatividad general nos dice algo sobre las propiedades y estructura del espaciotiempo, y cada test se configura en apego a ciertas condiciones de objetividad, las cuales están conformadas por principios formales *a priori* (carácter epistemológico), principios materiales (leyes en que están basados los aparatos de medida), y marcos epistémicos (modelos y teorías), lo que hemos llamado una “ontología de la experiencia”.

²⁰⁸ Tim Maudlin (2014) hace una aclaración puntual con respecto a la relatividad general: “Es cierto que en la relatividad general la materia *influye* en la geometría del espacio-tiempo, pero la distribución de la materia no *determina* la geometría del espacio-tiempo.” (p. 199) Debido a la forma de las ecuaciones de campo, existen muchas soluciones de éstas en donde no se considera la existencia de materia, en particular, una de estas soluciones corresponde al espacio-tiempo de Minkowski.

²⁰⁹ En cierta forma, definir lo que es un “observable” en relatividad general no está exento de ciertas controversias. “¿Qué es un observable en relatividad general? Rovelli (2000) nos da los siguientes ejemplos: ‘la distancia entre la Tierra y Venus durante el último eclipse solar’; ‘el número de pulsos de un pulsar en un sistema binario que alcanza la Tierra durante una revolución del sistema’; y, la energía depositada sobre una antena gravitacional por una onda gravitacional.” (Rickles 2008, p. 138)

Cabe señalar el hecho de que en la física newtoniana los objetos y sus propiedades poseen una interdependencia, y aquéllos a su vez una permanencia, lo que permite identificar fácilmente los estados observables de los no observables, y éstos, como las ecuaciones y las propiedades de los objetos, así como sus estados, a la vez de las leyes, son invariantes bajo transformaciones, asimismo para las mediciones de los aparatos, manteniéndose inalterables los requerimientos de objetividad.

El caso es un tanto distinto para la relatividad general, donde a pesar de que el postulado de covarianza de las leyes, y las condiciones de simetría bajo transformaciones, entre otras condiciones, como el que es una teoría determinista, pueden llevarnos a aceptar de entrada que los objetos de experiencia se constituyen en una “ontología de la experiencia”, el carácter dinámico de la estructura del espaciotiempo le presenta un cierto dilema a la condición del observador en relatividad general²¹⁰, entre otros aspectos. Sin embargo, cabe señalar que el carácter propio por el que se llevan a cabo los test clásicos de la relatividad general, cumple cabalmente con las características de una “ontología de la experiencia”, señalada para el caso de la física newtoniana.

Ahora bien, centrémonos en la pregunta: ¿qué son el espacio y el tiempo en la experiencia? La cual llega a tener sentido sólo en el marco de la relatividad general, ya que precisamente, en esta teoría, “se verifica experimentalmente la estructura del espaciotiempo, o partes de éste, en términos de cómo se desarrolla la distribución de la materia”; cabe señalar que lo que cada test de la relatividad está midiendo son cantidades invariantes²¹¹, en un marco espacio-temporal no euclidiano.

En atención a la pregunta planteada líneas arriba, tomemos el marco epistémico de la física newtoniana. Con respecto al espacio, decir “probar el espacio”

²¹⁰ En términos generales, la física newtoniana es entendida como una ciencia que fácilmente distingue el papel del observador, de manera que resulta irrelevante considerar el papel de los instrumentos y los procesos de medida. Caso distinto para la física moderna, en especial la mecánica cuántica, donde podría decirse que el papel del observador resulta relevante para los resultados experimentales, asimismo para la relatividad, pues debe considerarse, de una u otra forma, el rol del observador, como algo fundamental en los procesos de medición. En este sentido, muchos autores han mostrado que puede seguirse identificando aspectos trascendentales en la mecánica cuántica, de entrada por lo que ha significado “la interpretación de Copenhagen”. Ver Murdoch (1987), Hacyan (2006), Mittelstaedt (1994, 2009), entre otros.

²¹¹ Alguna cantidad invariante (observable) es por ejemplo la curvatura; el avance en el perihelio de Mercurio; el ángulo de desviación de la trayectoria de la luz al pasar cerca de un cuerpo masivo.

implica verificar experimentalmente la naturaleza del espacio físico, esto es, poder responder a la cuestión de si el espacio físico tiene una estructura euclidiana. Lo que nos remonta al experimento tratado por Gauss de testar si el espacio físico es euclidiano, caso identificado por Poincaré (1905/1952), quien afirmó que tratar de resolver el problema de cuál es la geometría verdadera carece de sentido, pues sólo es un asunto de convención (ver capítulo IV). Así, se cree que kantianamente habría de decir que nuestra intuición espacial es euclidiana, y los objetos que percibimos y constituimos en la experiencia poseen un carácter euclidiano, aunque como hemos visto desde el capítulo II, la epistemología de Kant no termina ahí.

La base de la teoría kantiana del espacio: su condición *a priori*, no discursiva, y que da pauta a su carácter subjetivo e ideal, no depende de la validez o no de la geometría, al aplicarse al análisis del espacio físico. Curiosamente el espacio físico, en la experiencia, y después incluso de la relatividad, puede considerarse tanto euclidiano como no euclidiano²¹². Por ejemplo: la teoría de la gravitación de Newton se considera un caso límite de la relatividad general. Asimismo, no es que la gravitación de Newton sea una teoría falsa sino más bien restringida, ya que si puede afirmarse que con la relatividad general, se muestra que la estructura del espacio físico es no euclidiana, se sabe a su vez que toda proposición de cualquier geometría, en cuanto a la existencia de objetos, constituye una proposición empíricamente contingente²¹³, y más aún en el marco de una teoría de la física. Además, el que sea posible llevar a cabo experiencias en el marco de la relatividad general, a pesar de que postule una estructura espacial no euclidiana, y su entidad básica, el espaciotiempo, tenga una condición dinámica, no absoluta, a diferencia de la física newtoniana, no representa ningún inconveniente si atendemos a cómo se constituyen los objetos de experiencia en la relatividad.

De nuevo: ¿qué es el espacio, y a su vez, qué es el tiempo, en la experiencia? Como ya mencionamos, esta pregunta sólo tiene sentido en el marco epistémico de la relatividad general, en relación precisamente con los test clásicos de dicha teoría.

²¹² Esta afirmación sólo tiene sentido en atención a que la física de Newton es considerada un caso límite de la relatividad, por lo que pueden llevarse a cabo experiencias tanto en el marco espaciotemporal de dicha física, como en el de la relatividad.

²¹³ Por este tener irán algunos de los argumentos del capítulo V, en relación con la naturaleza del espaciotiempo.

Lo que nos interesa son los aspectos observacionales y experimentales de la relatividad general, por lo que es preciso mencionar que una solución al conjunto de ecuaciones de campo del modelo, permite estructurar predicciones observables.

Así, las primeras predicciones anunciadas por Einstein, los test clásicos de la relatividad general, y ampliamente corroborados, (ver Will (1989)), corresponden a:

- La curvatura de la trayectoria de la luz al pasar cerca de un cuerpo masivo. (Curvatura del espacio-tiempo)
- El corrimiento gravitacional de la luz hacia el rojo.
- El avance del perihelio de Mercurio.

Cabe mencionar que los detalles técnicos de una solución al conjunto de ecuaciones de campo rebasan los alcances de la presente tesis²¹⁴. Para el caso de la curvatura de la trayectoria de la luz al pasar cerca de un cuerpo masivo (digamos el Sol), por ejemplo, se resuelven las ecuaciones de campo tomando la métrica de Schwarzschild²¹⁵, y haciendo ciertas aproximaciones, con lo que se obtiene el valor del ángulo de deflexión del rayo de luz de una estrella distante al pasar cerca del sol: 8.62×10^{-6} radianes o $1.77''$ ²¹⁶.

El valor que obtuvo Einstein fue de $1.75''$, y esta última predicción precisamente le sirvió de referencia a Eddington en 1919²¹⁷, para llevar a cabo su

²¹⁴ Para detalles específicos sobre estos test de la relatividad general, puede consultarse Lawden (1982); Will (1993, 2005); Taylor and Wheeler (2000), entre otros.

²¹⁵ Karl Schwarzschild fue un matemático y astrónomo alemán, obtuvo la primera solución exacta de las ecuaciones de campo de Einstein en 1916; su métrica es de las más recurrentes, dado que considera un espaciotiempo generado por una distribución de materia de simetría esférica, con un campo gravitacional de la misma forma, lo cual precisamente corresponde a las condiciones del campo gravitacional del Sol, al cual estará sometido un rayo de luz que proviene de una estrella lejana. Para la expresión matemática de dicha métrica, puede verse *Relatividad para estudiantes de física*, de Shahen Hacyan [F.C.E., México, 2013].

²¹⁶ Las especificaciones técnicas de este cálculo pueden consultarse en *Introduction to Tensor Calculus, Relativity and Cosmology*, de D. F. Lawden (1982); o en el ya clásico *Exploring Black Holes. Introduction to General Relativity*, de Edwin F. Taylor and John Archibald Wheeler (2000).

²¹⁷ El test se llevó a cabo el 8 de marzo de 1919, en las costas de la Guinea española, durante un eclipse total de Sol. El experimento consiste en tomar fotografías, por medio de un telescopio, del Sol en el momento del eclipse, y compararlas con otras del campo estelar cuando éste no se encuentra, lo cual constituye un experimento con características clásicas.

famoso test, obteniendo resultados con un mínimo de error (Will (2005)²¹⁸). Pero mediante un experimento cuyas características podría decirse que son clásicas, pues estaba basado en técnicas ópticas de observación, y donde a su vez, dicho test puede considerarse que cumple con las condiciones de objetividad de una “ontología de la experiencia” propia del marco epistémico newtoniano, que involucra: condiciones *a priori*; marcos epistémicos (frameworks); e instrumentos de medida. ¿Qué nos dice esto? Un test, cuyo carácter es clásico (*ad hoc* con el marco ontológico (tipo de objetos) y epistemológico, de la física newtoniana), pero que está referido a una teoría de la física moderna, muestra la validez de dicha teoría, que se inserta en otro marco epistémico. Lo que a su vez, dada la interpretación (ver la introducción de la sección), revelaría que la estructura del espaciotiempo posee un carácter no euclidiano, de aquí que en relatividad general, cobra sentido el que el espacio y el tiempo puedan considerarse como objetos de experiencia.

Atendiendo a lo anterior, caben aquí las palabras de Peter Mittelstaedt (1994):

En la física moderna (relatividad, teoría cuántica, cosmología) los juicios sintéticos *a priori* de Kant (conservación de la sustancia, causalidad e individualidad) pierden su validez general.²¹⁹ La razón de esta violación está íntimamente conectada con la observación de Einstein tal que en la física moderna las precondiciones materiales de la experiencia, i. e. las leyes físicas de los aparatos de medida, ya no son constituyentes independientes del proceso de cognición, pero se siguen de las leyes físicas del dominio de la realidad considerada. Estas nuevas y modificadas precondiciones de la experiencia proveen algunas serias dificultades para la constitución de objetos.²²⁰ (p. 115-6)

²¹⁸ Existen varios otros test, con características similares, llevados a cabo en 1922, 1929 y 1936; el más reciente se realizó en 1973. Legando hasta los test más recientes que involucran técnicas de radioastronomía y la observación de cuásares.

²¹⁹ Dicha validez está restringida a regiones espaciotemporales donde se pueden establecer relaciones causales entre eventos.

²²⁰ “In modern physics (relativity, quantum theory, cosmology) Kant’s syntetic judgements a priori (conservation of substance, causality and individuality) loose their general validity. The reason for this violation is closely connected with Einstein’s observation that the modern physics the material conditions of experience, i.e. the physical laws of the measuring apparatus, are no longer independent constituents of the process of cognition, but follow from the physical laws of the domain of reality considered. These new and modified preconditions of experience provide some serious difficulties for the constitution of objects.”

Precisamente, en atención a lo señalado por Einstein, cabe señalar que en la física moderna, se deben establecer, de entrada, las condiciones específicas de objetividad, de manera que pueda identificarse el papel de los instrumentos de medida en el proceso de cognición de un experimento, es decir, debe especificarse el papel preciso del “observador” en todo experimento.

Tanto en física newtoniana como en física moderna, las posibilidades materiales de la experiencia (instrumentos de medida) extienden, y a su vez, especifican las posibilidades para constituir objetos. Aunque cabe aclarar que en física newtoniana hay un carácter de autoreferencia con respecto a los aparatos de medida: las leyes de los aparatos son a su vez, las mismas que gobiernan a la teoría que se está testando; con lo que la “ontología de la experiencia” tiene la característica de que existe una total consistencia entre las condiciones epistemológicas (principios *a priori*); el marco epistémico de la teoría que ha de testarse; y las leyes de los aparatos de medida.

En el caso de las teorías de la física moderna, todo depende del “ámbito de realidad” que se desee testar, lo cual implica que los principios (analogías de la experiencia) mediante los cuales se constituyen objetos, según Kant, resultan ser válidos sólo en ciertos dominios. Sin embargo, de nuevo: el test sobre la curvatura de la trayectoria de la luz es un test cuyo carácter se inserta en las condiciones de objetividad propios de una “ontología de la experiencia” para el caso de la física newtoniana.

Ahora bien, la prueba sobre el corrimiento gravitacional hacia el rojo llegaría a ser concluyente hasta la década de los 60's del siglo pasado, e implicó la utilización de técnicas experimentales de alta precisión, basadas en la mecánica cuántica²²¹, así como superconductores, láseres, etc. Además, muchas otras consecuencias de la relatividad general, tales como la existencia de los agujeros negros, han sido ampliamente corroboradas, con técnicas que van desde la radioastronomía al uso de

²²¹ En el caso de experimentos que involucran la mecánica cuántica, cabe señalar que los principios especificados en las analogías de la experiencia, no se cumplen del todo: los objetos cuánticos no están sujetos al principio de completa determinación, pues como menciona Mittelstaedt (1994): “cada propiedad P y su contrario $\neg P$ pertenecen al sistema”, todas las posibles propiedades de un objeto (átomos, electrones, neutrones...) $P_i \in \mathbf{P}$ tiene los valores tanto de P_i como $\neg P_i$, es decir, en un estado específico W_ψ puede suceder que el resultado del experimento arroje tanto P_i como $\neg P_i$.

los relojes atómicos. De todo esto: ¿qué es lo que se está probando con estos y otros experimentos?, ¿sólo la veracidad de la relatividad general, en cuanto a sus observables?, o ¿partes de la estructura y propiedades del espaciotiempo postuladas por dicha teoría?, ¿sigue siendo válida la epistemología kantiana en relatividad general? A primera vista, el carácter de la geometría euclidiana, y la identificación literal de la teoría de la constitución de objetos de experiencia con la ontología de la mecánica newtoniana²²², puede convencernos de que no es válida la teoría kantiana de la constitución de los objetos de experiencia en el marco de la relatividad general²²³. Aunque cabe señalar que el simple hecho de que pueda configurarse la experiencia de un “objeto” de la realidad, que fácilmente se distingue del observador, contiene un cierto matiz kantiano, y la relatividad general no está exenta de ello. Recordemos: “el espacio es un orden de presentación”, tal que supone el punto de vista de un observador que a su vez forma parte del mismo orden. Similarmente para el caso del tiempo.

Lo que es un hecho es que toda verificación experimental de la relatividad general nos dice algo acerca de la estructura del espacio y el tiempo considerados como entes físicos, pero, en cierto sentido, si son tomados como “objetos de experiencia”, y éstos son a su vez constituidos en una “ontología de la experiencia” que apela a condiciones de objetividad. Tales condiciones, como se vio en la sección pasada para el caso de la física newtoniana, están conformadas por principios formales *a priori* (intuiciones y categorías); principios materiales (leyes en que están basados los aparatos de medida); y marcos epistémicos (modelos y teorías, que también poseen leyes propias que funcionan como principios *a priori*).

Resulta importante señalar que en la física newtoniana los objetos y sus propiedades poseen una interdependencia y aquéllos a su vez una permanencia, lo

²²² En términos generales, la ontología de la mecánica newtoniana puede caracterizarse por algunos puntos fundamentales:

- Se supone una teoría física fundamental (mecánica newtoniana), la cual se concibe en acuerdo con el mundo físico, en un espacio tridimensional.
- Las entidades que postula la teoría son partículas, cuya historia está acorde a la teoría.
- La teoría contiene variables primitivas como no primitivas.

Lo cual conforma lo que se ha denominado un “framework”, ver por ejemplo Allori (2013).

²²³ Como ya hemos mencionado, la validez del marco epistemológico kantiano en la teoría de la relatividad, está restringida a regiones espaciotemporales de tipo temporal, es decir, donde pueden identificarse relaciones causales entre eventos.

que permite identificar fácilmente los estados observables de los no observables. Y éstos, como las ecuaciones y las propiedades de los objetos, así como sus estados, a la vez de las leyes, son invariantes bajo transformaciones²²⁴, así mismo para las mediciones de los aparatos, manteniéndose inalterables los requerimientos de objetividad.

El caso es un tanto distinto para la relatividad general, donde a pesar de que el postulado de covarianza de las leyes, y las condiciones de simetría bajo transformaciones, entre otras condiciones, como el que es una teoría determinista, pueden llevarnos a aceptar, de entrada, que en tal teoría también se constituyen objetos en una “ontología de la experiencia”, el carácter dinámico de la estructura del espaciotiempo le presenta un cierto dilema a la condición del observador en relatividad general²²⁵, entre otros aspectos.

Aún así, es factible decir que la constitución de los objetos de experiencia en relatividad general, se lleva a cabo estableciendo, de entrada, condiciones de objetividad a la sazón de lo que se identificó en la sección pasada. Esto es, mediante una “ontología de la experiencia”, pero tomando en cuenta que las condiciones materiales, aparatos de medida, pueden estar basados tanto en leyes clásicas como en leyes de la mecánica cuántica, y que las categorías de substancia y causalidad adquieren otro matiz, dependiendo del tipo de fenómeno que se desea experimentar. Y a su vez, de las características de los aparatos de medida, pues éstos pueden estar basados en leyes clásicas o cuánticas, por lo que hablaremos de GR-substancia y GR-causalidad, ya que existe una interdependencia entre las leyes en que están basados los aparatos de medida, y lo que ha de referirse a dichas

²²⁴ Las transformaciones galileanas. Para un sistema de referencia S con coordenadas x, y, z, t , en reposo, y un sistema de referencia S' moviéndose en la dirección x con coordenadas x', y', z', t' , con componentes de la velocidad v_x, v_y, v_z , y si S y S' coinciden en $t=0$, entonces, para $v_y=v_z=0$, las transformaciones de Galileo quedan: $x'=x-v_x t, y'=y, z'=z$ y $t'=t$.

²²⁵ La relatividad general está sustentada en dos postulados fundamentales (ver Hacyan (2013)):

- 1) El espaciotiempo físico constituye una variedad riemanniana de 4 dimensiones, donde se define una métrica $ds^2=g_{\alpha\beta}dx^\alpha dx^\beta$ ($\alpha, \beta=0, 1, 2, 3$), con curvatura debida al campo gravitacional. Además, cada punto de dicho espacio-tiempo admite un espacio-tiempo (Minkowski) tangente, el cual es precisamente el espacio-tiempo en ausencia de campos gravitacionales, y a su vez, funge como el espacio-tiempo local (marco de referencia donde se estructuran los experimentos). Una partícula en caída libre ha de moverse en una geodésica a través de dicho espaciotiempo curvo.
- 2) Las leyes de la física son covariantes frente a cualquier conjunto de transformación de coordenadas, caso especial en todo difeomorfismo.

categorías; es decir, si un aparato está basado en leyes clásicas, substancia y causalidad son entendidas en términos clásicos, si está basado en leyes cuánticas, substancia y causalidad adquieren otro matiz²²⁶.

Finalmente, el principal problema de la epistemología kantiana frente a la relatividad general, estriba en el carácter ontológico del espacio y el tiempo (ver capítulo V). Aunque como hemos visto en el capítulo II, kantianamente, el espacio y el tiempo son órdenes de presentación (intuiciones puras); su representación, si pueden considerarse como entes físicos, apela a una estructura formal, puesto que sólo por medio de ésta puede generalizarse dicha representación, y tal representación tiene que ver con una estructura geométrica y aritmética, respectivamente. Cabe recordar que ya se ha señalado suficientemente que Kant no está postulando que la estructura del espacio físico es euclidiana, ni que exista algo así como un “tiempo físico”.

El espacio y el tiempo, en cuanto a su “función” en el proceso de constituir objetos en teorías de la física como la newtoniana, tienen una representación estructurada en una geometría y en una aritmética, respectivamente; o en una geometría no euclidiana, para el marco epistémico de la teoría de la relatividad general; de ahí que la respectiva estructura posea una condición *a priori*, en el marco epistémico respectivo. En este sentido, y en atención a los trabajos de Reichenbach (1920/1965), pueden identificarse dos sentidos del *a priori* en Kant, uno, válido y universal para todo tiempo, y otro, constitutivo del objeto de experiencia.

Lo que estamos señalando es que para constituir objetos, ya sea en una teoría o en otra, se establecen de principio las condiciones de objetividad, las que apelan a condiciones propias del sujeto cognitivo (intuiciones y categorías); marcos epistémicos (frameworks de las teorías, que contienen a su vez principios *a priori*); y condiciones materiales (aparatos de medida); que constituyen a su vez lo que hemos

²²⁶ Si bien, este punto precisamente constituye uno de los más fundamentales por donde transitan las críticas a la teoría de constitución de objetos de tipo kantiano, cabe decir que aún así, los objetos de toda posible experiencia, en el marco de la física moderna, dependen de las características con que se estructura un experimento, y a su vez, del carácter ontológico de la teoría por la que se constituye una experiencia, es decir, la teoría postula objetos, y de ahí que se diseñe un experimento, con ciertas condiciones y cierto tipo de aparatos de medición, que permiten individuar algún objeto, por lo que sigue habiendo un carácter kantiano.

llamado una “ontología de la experiencia”. En la ciencia, y en especial en la física, los criterios de objetividad tienen que ver a su vez con que para constituir objetos:

Toda teoría científica incorpora una serie de principios que constituyen condiciones de posibilidad de sus objetos de experiencia, es decir, cierto sistema conceptual básico que define un campo de posibilidades empíricas particulares; y en segundo lugar, que dichos principios conceptuales operan constitutivamente en la experiencia determinando *a priori* el ámbito del conocimiento empírico. (Peláez-Cedrés 2008a, p. 126)

Como bien menciona Michael Friedman (2009) para el caso de la física newtoniana:

La versión original de Kant de la filosofía trascendental toma a la geometría euclidiana y a las leyes de movimiento de Newton como principios constitutivos sintéticos *a priori* —los cuales, desde el punto de vista de Kant, funcionan como presuposiciones necesarias para aplicar nuestros conceptos fundamentales de espacio, tiempo, materia y movimiento a nuestra experiencia sensible del mundo material. (p. 253)²²⁷

En atención a lo anterior, y a lo dicho por Reichenbach, haciendo una analogía para el caso de la relatividad general, ¿cuáles serían dichos principios constitutivos sintéticos *a priori*, que la teoría misma incorpora? Si aceptamos la tesis de lo “*a priori* constitutivo del objeto de experiencia”, tendríamos los siguientes:

- El principio de la constancia de la velocidad de la luz.
- El postulado de covarianza de las leyes.
- El espaciotiempo físico es un espacio de Riemann de 4 dimensiones.

²²⁷ “Kant’s original versión of transcendental philosophy took both Euclidean geometry and the Newtonian laws of motion to be synthetic a priori constitutive principles —which, from Kant’s point of view, function as necessary presuppositions for applying our fundamental concepts of space, time, matter, and motion to our sensible experience of the natural world.”

Los dos primeros principios son experimentales, sintéticos, pero *a priori* en el sentido de necesarios para la constitución de objetos en el marco epistémico de la teoría. La postulación de un espaciotiempo curvo en la relatividad general, es análoga a la postulación de un espacio euclidiano y el orden temporal²²⁸ en la física newtoniana. En cada teoría, existe un marco espacio-temporal en el que se constituyen los objetos que ha de estudiar dicha teoría. Los marcos epistémicos de teorías como la física newtoniana y la relatividad general, poseen características generales que son análogas:

- Ambos marcos epistémicos postulan objetos (partículas, masas, campos, objetos geométricos...).
- Sus observables dependen de un conjunto formal de ecuaciones matemáticas.
- Los objetos que ambas teorías postulan, se analizan en marcos espacio-temporales.
- En las mediciones experimentales, el papel del observador depende directamente de las condiciones de objetividad que de entrada se establezcan para llevar a cabo el experimento.
- En ambas teorías se pueden establecer juicios sintéticos *a priori*²²⁹.
- Finalmente, los principios formales (categorías), mediante las cuales se constituyen objetos a la sazón de Kant: permanencia de la substancia²³⁰, causalidad²³¹ y comunidad, al ser regulativos, guían la experiencia, y asimismo, permiten llevar a cabo una síntesis, es decir, poseen a su vez un carácter constitutivo en ambas teorías.

De una u otra forma, hemos visto que la constitución de un objeto de experiencia, en el marco de la relatividad general, obedece también a principios

²²⁸ Michael Friedman (1987) ha mostrado que la física newtoniana también puede fundamentarse en un espaciotiempo cuatridimensional, de carácter euclidiano.

²²⁹ Este hecho, para el caso de la relatividad, lo analizaremos en el capítulo IV, donde precisamente habremos de mostrar cómo también en relatividad existen juicios sintéticos *a priori*, en el sentido de Kant.

²³⁰ En nuestra lectura de Kant, hemos podido mostrar que hablar de <<permanencia de la substancia>>, implica, en primera instancia, entender que lo permanente es el “substrato de la substancia en el tiempo”.

²³¹ También hemos mostrado que el principio de causalidad sólo es un principio que afirma <<todo-evento-alguna-causa>>, por lo que en este sentido, dicho principio adquiere una mejor aplicación al caso de la relatividad, y a su vez, al caso de la mecánica cuántica.

invariantes, *a priori*, sintéticos y formales, y la manera en que se constituyen objetos de experiencia en el marco de dicha teoría, es análogo a lo postulado por Kant para el caso de la física newtoniana.

La relatividad general posee cierto carácter trascendental porque su condición empírica sigue obedeciendo a una manera kantiana de constituir objetos de experiencia, de constituir los test (clásicos) de la relatividad general; y a su vez, existe un rango de validez de los principios *a priori* kantianos, en relación con la forma en que se constituyen objetos de experiencia en la relatividad general.

Por tanto, en la relatividad general, la forma de constituir objetos de experiencia puede considerarse que atiende a una “ontología de la experiencia”, que involucra condiciones cognitivas (categorías e intuiciones); marcos epistémicos (frameworks, que a su vez contienen elementos *a priori*); y condiciones materiales (aparatos de medida).

III.6 Recapitulación.

I. En el presente capítulo, tuvimos la oportunidad, primeramente, de llevar a cabo una lectura de la primera parte de la Lógica Trascendental de la *KrV*, lo referente a la Analítica Trascendental, en donde Kant establece lo que hemos llamado una “teoría de la constitución de objetos de experiencia”, y tal que:

- Para Kant, el conocimiento humano, que ha de poseer validez objetiva, requiere de una coordinación, de una *cooperación* entre intuiciones (referidas a la sensibilidad) y conceptos (referidos al entendimiento).
- El entendimiento tiene una “función objetivante”, sintetiza tanto el múltiple dado en la intuición como las categorías.
- En la Deducción Metafísica, Kant establece las bases para una teoría de la constitución de objetos de experiencia, en términos de principios *a priori*. Identifica a las categorías a partir de un análisis de las funciones del juicio.
- En la deducción Trascendental, al dar Kant una explicación de cómo las categorías se refieren *a priori* a objetos, está dando a su vez un criterio de

objetividad del conocimiento: la constitución de objetos de experiencia debe apelar a principios *a priori*.

- Llevar a cabo una experiencia, y asimismo: constituir un objeto, implica un acto de juicio. Esto es: un juicio de experiencia, que enlaza representaciones en una conciencia, y lo hace *a priori*, dado que implica la acción conjunta de intuiciones y categorías.
- Las analogías de la experiencia constituyen principios que fundamentan la posibilidad de constituir objetos. Garantizan la existencia de objetos en conexión con los modos del tiempo: permanencia, sucesión y simultaneidad.
- La segunda analogía, referida al principio de causalidad, no debe entenderse en términos de un determinismo: misma causa - mismo efecto. Está referida al principio: alguna causa - algún efecto.
- El concepto de un objeto, y por tanto, la “experiencia” de éste, debe estar en concordancia con las posibilidades de la experiencia (intuiciones y categorías). Lo real, lo que existe, está conectado con las posibilidades de la experiencia.

II. A partir de lo tratado, en la sección III.5 acuñamos el concepto de “ontología de la experiencia”, esto es, la manera de constituir objetos en las teorías de la física, que apela a criterios de objetividad, y que comprende:

- Elementos cognitivos (intuiciones y categorías); y que están relacionados con la condición de “observador” en el ámbito experiencial de las teorías.
- Elementos epistémicos (marcos teóricos de las teorías, frameworks); conformados por ecuaciones, objetos, marcos espacio-temporales, leyes y principios propios de las teorías, etc.
- Elementos materiales (aparatos de medida).

III. Lo que Kant lleva a cabo en *MAN*, permite identificar el carácter trascendental de la física newtoniana, de tal manera que permite a su vez vincular la constitución de objetos de experiencia en tal teoría con lo que hemos llamado “ontología de la experiencia”. Así, en la física newtoniana, existen principios propios de la misma

teoría, tal que son *a priori*, para el marco epistémico de ésta, y permiten la constitución de objetos de experiencia; ejemplo: las tres leyes de Newton, que a su vez, están relacionadas con las tres analogías de la experiencia, de carácter regulativo para el entendimiento, y constitutivo en la constitución de objetos de experiencia.

IV. El espaciotiempo curvo en la relatividad general posee un aspecto dinámico, su estructura cambia de acuerdo a la presencia de materia-energía; a diferencia del espacio euclidiano y el orden temporal en la física newtoniana, en donde éstos son “estáticos”, absolutos, y la presencia de materia no afecta su estructura. Sin embargo, en relación con los temas tratados: espacio y tiempo constituyen el marco referencial en el que se constituyen los objetos que ha de estudiar determinada teoría. Aún así, en el contexto de la relatividad general, las consecuencias relacionadas con el espaciotiempo resultan ser sumamente amplias (ver capítulo V).

V. Tanto en la física newtoniana como en la relatividad general:

- Los marcos epistémicos postulan objetos (partículas, masas, campos, objetos geométricos...).
- Sus observables dependen de un conjunto formal de ecuaciones matemáticas.
- Los objetos que ambas teorías postulan, se analizan en marcos espacio-temporales.
- En las mediciones experimentales, el papel del observador depende directamente de las condiciones de objetividad que de entrada se establezcan para llevar a cabo el experimento.
- En ambas teorías se pueden establecer juicios sintéticos *a priori* (ver capítulos II y IV).
- Los principios formales (categorías), mediante las cuales se constituyen objetos a la sazón de Kant: permanencia de la substancia, causalidad y comunidad, al ser regulativos, guían al entendimiento, y permiten llevar a cabo

una síntesis, es decir, poseen a su vez un carácter constitutivo, en la experiencia.

- En ambas teorías existen principios sintéticos *a priori*. En física newtoniana son, por ejemplo: las tres leyes de Newton; y la estructura geométrica del espacio euclidiano. En el caso de la relatividad general: el principio de covarianza, las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia; el espaciotiempo corresponde a una variedad riemanniana de dimensión 4; etc.

VI. En la relatividad general, para constituir objetos de experiencia, se establecen condiciones de objetividad, que apelan a elementos cognitivos (relacionados con lo que se entiende por “observador”); elementos epistémicos (frameworks de la teoría); y elementos materiales (instrumentos de medida); análogamente para el caso de la física newtoniana. En ambas teorías, bajo ciertos matices, se define una “ontología de experiencia”.

Capítulo IV: La idealidad del espacio y el tiempo y las ciencias. Matemáticas y Física.

Tres corrientes principales de pensamiento pueden distinguirse dentro del ámbito de la epistemología durante el siglo XIX, el Positivismo, el Kantismo y lo que aquí propongo llamar la Tradición Semántica. Lo que distingue a los adeptos de estas tres corrientes es la actitud que cada una de ellas tiene hacia el *a priori*.

J. Alberto Coffa
La Tradición Semántica. De Kant a Carnap

Y ¿dónde se habrían de buscar objetos que correspondiesen a los conceptos, si no fuera en la experiencia, sólo por la cual nos son dados objetos?

<A224>[B272]

IV.1 Introducción.

En el presente capítulo, llevamos a cabo una revisión de algunas de las interpretaciones de la epistemología kantiana, en relación con las geometrías (euclidiana y no euclidianas) y la teoría de la relatividad. Dicho lo anterior, el hilo conductor del capítulo tiene que ver con responder la cuestión: ¿Kant queda refutado a la luz de las geometrías no euclidianas y la teoría de la relatividad, en atención a los trabajos de diversos autores que trataron dicha problemática? La respuesta que habremos de configurar será negativa, y se remitirá a lo tratado en los capítulos anteriores, donde establecimos una lectura de Kant separada de la interpretación ortodoxa, y que en ciertos aspectos, esta última comparte algunos puntos con la lectura de los autores tratados en el presente capítulo.

Así, en la sección IV.2 Geometría y experiencia, tratamos los trabajos de dos notables científicos: Hermann von Helmholtz, “On the Factual Foundations of Geometry” (1866) y “The Origin and Meaning of Geometrical Axioms” (1870); y Henri Poincaré, “Non-Euclidean Geometries” (1891) y “On the Foundations of Geometry” (1898); a la vez del artículo de uno de los más notables neokantianos, Ernst Cassirer, “Einstein’s Theory of Relativity Considered from the Epistemological Standpoint”; lo

cual permitirá identificar cómo se analizaron, principalmente, las ideas kantianas de la matemática, en relación con los avances de la geometría y la física, y cómo se “evaluó” a Kant frente a estos avances.

La sección IV.3 Relativización del *a priori*, tendrá como objetivo revisar el impacto de la relatividad en la filosofía de la ciencia de principios del siglo XX, en especial en la escuela filosófica denominada Positivismo Lógico, la cual se configuró en términos de una crítica a ciertos aspectos del kantismo (las nociones de espacio y tiempo, su filosofía de la geometría, lo sintético *a priori*, etc.); y asimismo, el seguir manteniendo ciertos puntos centrales de éste. Algunos representantes de dicha escuela tenían como tesis fundamental que lo sintético *a priori* no existe; otros establecieron una “manera kantiana” de entender las consecuencias que la relatividad trae a luz, proponiendo principios constitutivos. En este último sentido, nos centraremos en los trabajos de tres de los filósofos que trataron la epistemología kantiana a la luz de la teoría de la relatividad: Moritz Schlick, *Space and Time in Contemporary Physics: An Introduction to the Theory of Relativity and Gravitation*; Rudolf Carnap, *Space: A Contribution to the Theory of Science* y *The Logical Structure of the World*; y Hans Reichenbach, *The Theory of Relativity and A Priori Knowledge* y *The Philosophy of Space and Time*. Cabe señalar que no es el objetivo de la sección hacer una exégesis de cada obra, sino simplemente tratar algunos puntos importantes, que en su conjunto contribuyan a tener una idea clara de una de las tesis principales del Positivismo Lógico: “lo sintético *a priori* no existe”. Nuestra intención será llevar a cabo una crítica a dicha filosofía, en relación con la lectura de Kant que hemos llevado a cabo en los capítulos anteriores.

Finalmente, en la sección IV.4 haremos una recapitulación, a la vez de complementar una defensa de Kant, frente a las diversas críticas tratadas en las secciones precedentes.

IV.2 Geometría y experiencia.

The object of geometry is the study of a particular “group”; but the general concept of group pre-exists in our minds, at least potentially. It is imposed on us not as a form

of our sensitiveness, but as a form of our understanding; only, from among all possible groups, we must choose one that will be the *standard*, so to speak, to which we shall refer natural phenomena.

Henri Poincaré
Science and Hypothesis

En esta sección, al tratar algunas de las obras de Hermann von Helmholtz, Henri Poincaré y Ernst Cassirer, podremos identificar el desarrollo de las ideas kantianas a lo largo del siglo XIX y principios del XX, y en relación con los avances de la lógica y la geometría²³², a la vez de la teoría de la relatividad. Cabe señalar que cada uno de estos autores buscó, en cierta forma, una vía de análisis que permitiera identificar si es posible que ciertos aspectos de la epistemología kantiana podrían seguirse aplicando en el contexto de los avances de las disciplinas mencionadas.

IV.2.1 Helmholtz y el principio de movilidad de los cuerpos.

El caso de Hermann von Helmholtz²³³ resulta interesante para la mayoría de los intérpretes de Kant, puesto que intentó mostrar experimentalmente la pertinencia o no de ciertas ideas kantianas, sobre todo en relación con el carácter “empírico” de la geometría. Habría de decir que Helmholtz fue ante todo científico. Anticipó muchos de los problemas que llegarían a acaparar la atención de neokantianos, empiristas y positivistas lógicos, a la par de los trabajos de Bolzano²³⁴, uno de sus antecesores, quien desarrolló importantes contribuciones a la fundamentación del cálculo y la lógica, rechazando a su vez la idea kantiana de lo sintético *a priori*; pues Bolzano

²³² Específicamente nos referimos a los avances en lógica en parte debidos a los trabajos de Frege; y en geometría, los avances tienen que ver sobre todo con los trabajos de Riemann.

²³³ Helmholtz realizó investigaciones en fisiología y psicología, contribuyó al desarrollo de áreas de la psicología de la percepción, algunas de sus obras fueron *On the Sensations of Tone* (1863) y *Physiological Optics* (1856-1866); dirigió el “Physical-Technical Institute in Charlottenberg” hasta 1894, año de su muerte. *Cfr.* “In fact, Helmholtz developed a general framework for conceiving of perception that went beyond a purely naturalistic explanation of how humans perceive.” (McDonald 2002, p. 159)

²³⁴ La principal obra de Bernard Bolzano es *Wissenschaftslehre*, una obra monumental, considerada base del enfoque semántico, por algo Coffa (2005) lo considera el precursor de la “Tradición Semántica”: “Bolzano fue el primero en reconocer que la filosofía trascendental y su escuela idealista fueron una reducción al absurdo de la semántica de la filosofía moderna.” (p. 48)

trató de liberar lo *a priori* de la intuición pura kantiana, es decir, a los ojos del autor: intentó liberar a la matemática de cualquier apelación a la intuición.

En la raíz de lo tratado por Bolzano se encuentra el problema que Helmholtz intentó resolver en su artículo: “On the Origin and Significance of the Axioms of Geometry”, donde, en términos generales, mostró, según él, la no necesidad intuitiva de la geometría euclidiana, en términos de que pueden ser representados espacios no euclidianos. Para lo cual entendió que lo hecho por Beltrami²³⁵ no implicaba un acuerdo con la idea de necesidad intuitiva en geometría, a la sazón de Kant, sino más bien: refutaba dicha idea, pues habría que atender, entre otras, a la cuestión: ¿las geometrías no euclidianas son “representables”²³⁶?

Helmholtz se dio a la tarea de intentar mostrar que los hechos empíricos se encuentran en la base de la geometría, por lo que tal concepción tendría sustento si fuera posible mostrar a su vez que las geometrías no euclidianas pueden ser representadas. Su estrategia consistió en formular dos ejemplos:

- Flatland: un experimento mental donde puede uno imaginarse a seres bidimensionales viviendo en una superficie curva, los cuales, en base a sus percepciones, desarrollarían una geometría no euclidiana. Sin embargo, como lo han señalado algunos intérpretes²³⁷, tal ejemplo carece de “fertilidad filosófica”, sobre todo porque se enfoca en el análisis de superficies bidimensionales.
- “Universo espejo”: Imaginemos nuestro espacio euclidiano E y un “espejo esférico”, en cuya superficie S se reflejan los acontecimientos de nuestro espacio (E); ahora bien, imaginemos a su vez un mundo tridimensional

²³⁵ Nos referimos al artículo “Saggio di Interpretazione della Geometrie Non-Euclidea” (“Un intento de interpretar la geometría no euclidiana”) de Eugenio Beltrami, publicado en 1868, donde el autor intentó mostrar que las geometrías no euclidianas no representaban ningún inconveniente para la geometría euclidiana; para lo cual buscó lo que podría denominarse un “sustrato realista” para la geometría hiperbólica de dimensión 2, tal que introdujo su “modelo seudo esférico”, haciendo corresponder al “plano hiperbólico” con la pseudo esfera euclidiana. Helmholtz retomaría el trabajo de Beltrami, pero interpretándolo a su manera, entendiendo que dicho artículo refutaba la idea kantiana de una necesidad intuitiva en la geometría euclidiana.

²³⁶ *Cfr.* “By the much abused expression “to represent” or “to be able to think how something happens” I understand—and I do not see how anything else can be understood by it without loss of all meaning—the power of imagining the whole series of sensible impressions that would be had in such a case.” (Helmholtz 1870/2007, p. 55)

²³⁷ Coffa (1991/2005), Hatfield (1990).

delimitado por S y un plano que pasa a través del punto focal del espejo de S. Dadas las condiciones anteriores, Helmholtz identificó que los objetos físicos del mundo tridimensional se comportan de forma “parecida” a como se comportarían en el espejo, por lo que de aquí podría derivarse que cada objeto en nuestro espacio euclidiano tiene un correspondiente objeto en el “universo espejo”. Si un objeto O de nuestro espacio, se mueve a partir de S y hacia el infinito, éste no cambiará de forma, sin embargo, su objeto correspondiente O* en S se habrá de estrechar. Pero los estándares métricos de uno u otro espacio son equivalentes, de ahí que quizá dos seres, cada uno en su propio espacio, pueda concluir que su universo es euclidiano o no euclidiano, respectivamente.

Del segundo ejemplo, precisamente, a estas alturas de su análisis, Helmholtz tendría que recurrir a un principio, el cual ya había identificado en su artículo de 1868: “On the Factual Foundations of Geometry”²³⁸, y lo tomaría como principio empírico, el “axioma de la libre movilidad de los cuerpos”: <<Las configuraciones geométricas pueden moverse sin cambiar sus dimensiones y forma>>, lo que en términos empíricos implicaría que si la métrica²³⁹ de un espacio contiene la forma de éste, entonces la movilidad de un objeto, la cual puede medirse en uno u otro espacio, es conservada, por lo que a su vez podría concluirse que la movilidad libre implica curvatura constante. Así:

²³⁸ En este artículo, Helmholtz cree, como Riemann, que es factible la idea de que puede ser “representable” una geometría no euclidiana, por lo que si la información básica de la estructura espacial la da la métrica, de ahí el por qué el principio de libre movilidad de los cuerpos rígidos juegue un papel fundamental en sus asunciones sobre el carácter empírico de la geometría; y a su vez, logre mostrar que la verificación experimental de dicho principio, implica una curvatura constante del espacio, donde dicha curvatura puede ser positiva, negativa o cero, esta última para el caso del espacio euclidiano. Por tanto, Helmholtz concluye de aquí las bases empíricas de ciertos axiomas geométricos.

²³⁹ La métrica de un espacio contiene la información mínima sobre su estructura y forma. Para el caso del espaciotiempo de la relatividad, una métrica es, en términos generales, una fórmula para el intervalo espaciotemporal entre dos eventos; cada punto del espaciotiempo corresponde a un evento determinado en términos de coordenadas globales: x, y, z, t , de tal forma que la métrica del espacio de Minkowski es: $ds^2 = -dt^2 + (1/c^2)(dx^2 + dy^2 + dz^2)$, aquí c es la velocidad de la luz. En la relatividad general, debido a la presencia de materia y del campo gravitatorio, el espaciotiempo es curvo, y la métrica tiene que ver con la teoría de superficies de Gauss, por lo que corresponde a: $ds^2 = \sum_{\mu, \nu=0, \dots, 3} g_{\mu\nu} dx_\mu dx_\nu$, tal que $\mu, \nu=0, \dots, 3$, y las $g_{\mu\nu}$ son funciones de las coordenadas x_μ y x_ν espaciotemporales.

Helmholtz limitó su argumento a condiciones de medida consistentes con un espacio de curvatura constante (si es euclidiano o posee curvatura positiva o negativa). Él consideró que la operación geométrica básica debe ser la determinación de la congruencia a través del procedimiento de traslación de un cuerpo en una posición, tal que coincide con un segundo cuerpo. La fundamental asunción de su argumento fue que los cuerpos rígidos pueden ser movidos libremente en una dirección, y rotados alrededor de un eje sin distorsión. (Hatfield 1990, p. 219)²⁴⁰

Por ello, Helmholtz concluye que es errónea la idea kantiana de que los axiomas de la geometría euclidiana²⁴¹ pueden ser aplicados al espacio visual y físico con necesidad, es decir, parte importante de su conclusión del artículo tratado es que la aplicabilidad de los axiomas de la geometría debe ser decidida empíricamente, pues según Helmholtz, no existe una necesidad apodíctica en la geometría a la sazón de Kant, en términos de la existencia de juicios sintéticos *a priori* en geometría. Claro, dicha crítica está sustentada, y será viable, en parte, por la manera en que Helmholtz entendió a Kant. Centrémonos en esto último.

I. Primero, habría que aclarar que los trabajos de Helmholtz se insertan en lo que hoy podríamos llamar filosofía de la percepción²⁴². Precisamente bajo dicha concepción es que sus argumentos, en relación con el espacio, atendieron a aspectos perceptivos, lo que lo llevó a formarse una idea, un tanto limitada, de las concepciones kantianas sobre el espacio y la geometría, dado que consideró que, según Kant, “la representación del espacio físico se puede obtener por la

²⁴⁰ “Helmholtz limited his argument to conditions of measurement consistent with a space of constant curvature (whether Euclidean, or possessed of positive or negative curvature). He considered the basic geometrical operation to be the determination of congruence through the procedure of translating one body into a position such that it coincides with a second body. The fundamental assumption of this argument was that rigid bodies exist that can be moved freely in any direction and rotated about any axis without distortion.”

²⁴¹ Desde el capítulo I hemos podido identificar que el marco epistemológico kantiano, es compatible no sólo con la geometría euclidiana y la mecánica newtoniana; en la presente sección, y a partir de lo visto sobre la filosofía de las matemáticas de Kant, será factible mostrar cómo ciertas críticas de Helmholtz puede que no se sostengan.

²⁴² Autores como Patrick J. McDonald (2002) o Michael Friedman (1997) han señalado el marcado interés de Helmholtz en aspectos fundamentales sobre la teoría de la percepción, representado sobre todo en su *Zeichentheorie* (sign-theorie of perception), tanto MacDonal como Friedman ven notables signos de concepciones realistas causales en los argumentos de Helmholtz con respecto a la naturaleza de la percepción. En términos de McDonald, la *Zeichentheorie* parte de: 1) Las sensaciones son meros *signos* de sus objetos; 2) La interpretación de signos sensoriales requiere coordinarlos en sistemas de leyes de relaciones; 3) Las leyes de relaciones consisten en relaciones de intra-nivel (propiedades físicas de signos de sensaciones).

percepción”, la cual sería euclidiana. Dicha crítica se acepta siempre y cuando se suponga que la idealidad del espacio en Kant, depende de la validez o no de la geometría, al aplicarse al análisis del espacio físico. Hemos visto (capítulo II), que la idealidad del espacio es independiente del carácter de la geometría.

II. Para Helmholtz, algunos axiomas de la geometría son puramente matemáticos, analíticos, pero aquellos axiomas de la geometría que puedan describir el espacio físico deben ser sujetos a test empíricos. De aquí que sólo entienda “intuición pura y *a priori* del espacio”, en términos kantianos, como la necesidad apodíctica de la estructura espacial euclidiana, sin tomar en cuenta la distinción entre intuición pura, intuición empírica e intuición formal, que hemos llevado a cabo en el capítulo II. Recordemos que la intuición espacial pura y *a priori*, corresponde a un “orden de presentación”, que supone la presencia de “un observador que forma parte del orden mismo”, y a su vez, dicha intuición sustenta la idealidad y subjetividad del espacio, y es no estructurada. La intuición formal, vinculada a la geometría, tiene que ver con una “representación estructurada del espacio”, y que posibilita la experiencia de objetos en el espacio. La intuición empírica implica el recurrir a una imagen para representar el espacio. ¿A cuál intuición se refiere Helmholtz?

III. Aún así, resulta viable cierta crítica de Helmholtz, pero sólo como él lo entendió: que Kant nos está diciendo que la “estructura de la intuición espacial es euclidiana por necesidad”. Y de nuevo, por lo visto en el capítulo II y el Apéndice A, la idealidad del espacio no depende de la validez de la geometría al aplicarse al análisis del espacio físico. Además, Helmholtz entendió a Kant y su teoría del conocimiento en términos únicamente de que la estructura de la sensibilidad sólo está referida a aspectos perceptivos, lo que, como ya se vio en el capítulo anterior, resulta una interpretación parca y limitada de parte de la *KrV*, pues, por ejemplo, hay una diferencia sustancial entre lo que Kant entiende por percepción, y lo que entiende por experiencia (capítulo III). Así, como menciona Gary Hatfield (1990):

Helmholtz por sí mismo no precisamente entendió cómo sus argumentos implican una revisión de la posición de Kant, porque él no apreció las nociones de “trascendental”²⁴³ y conocimiento “sintético *a priori*” como los empleó Kant. Helmholtz equiparó estas nociones con la posición de conocimiento innato ó mecanismos cognitivos. Él ofreció una fisiológica y psicológica interpretación tal que no distinguió la clara distinción de Kant del entendimiento filosófico de estas nociones. (p. 222)²⁴⁴

Ejemplo claro de lo anterior, es lo que Helmholtz entendió por “subjetivo”, como que nuestra representación del espacio depende de nuestro aparato perceptivo, de forma análoga a cómo percibimos cualidades sensoriales como los colores, los sabores, el frío, etc.

Parece que Helmholtz sólo se centró en lo dicho por Kant en la Exposición Trascendental, en cuanto al carácter de la geometría y el espacio, dejando de lado aspectos importantes de la Exposición Metafísica y la filosofía de la matemática del filósofo de Königsberg. De ahí también su idea, un tanto errada, de lo sintético *a priori*, que como ya vimos, en Kant hay que entenderlo incluso en el sentido de las posibilidades (sensibilidad y entendimiento) para constituir experiencias en ciencias como la física.

Finalmente, si pueden resumirse en pocas palabras las conclusiones de Helmholtz, diríamos que abarcan dos puntos importantes:

- (1) La geometría euclidiana no es la única geometría que puede ser concebible (representada).
- (2) La evidencia empírica arroja conocimiento de que la estructura del espacio físico es no euclidiana, de ahí concluye que el carácter apodíctico del espacio, planteado por Kant, no se sostiene.

²⁴³ *Cfr.* “Helmholtz understood the term “trascendental”, as applied to spatial representations, to be exhausted by the assertion that, upon stimulation, our visual system in fact will come to develop spatial representations (representations characterized by “next-to-ness”)” (Hatfield 1990, p. 224)

²⁴⁴ “Helmholtz himself did not precisely understand how his arguments entailed a revisión in Kant’s position, for he did not appreciate the notions of “trascendental” and “synthetic *a priori*” knowledge as Kant employed them. Helmholtz equated these notions with the positing of innate knowledge or cognitive mechanisms. He gave them a physiological and psychological interpretation that he did not distinguish from Kant’s quite different philosophical understanding of these notions.”

De lo anterior, en términos generales, Helmholtz intentó mostrar cómo puede considerarse al espacio un “objeto de medida”, es decir, un objeto de experiencia (ver capítulo III), por lo que fue estructurando un conjunto de hipótesis, contrastables empíricamente, para verificar si la estructura del espacio físico es euclidiana o no euclidiana, concluyendo que no existe una necesidad apodíctica euclidiana de la estructura del espacio, a como él entendió a Kant. Por lo que hemos desarrollado en capítulos anteriores: una cosa es el espacio considerado como entidad física, y otra su representación. Cabe aquí la cuestión: ¿Kant estaba hablando del espacio físico o sólo de su representación, o de ninguno de éstos?

Finalmente, gran parte de los argumentos y problemáticas anteriores, serían los tratados por la filosofía de la ciencia de finales del siglo XIX y principios del XX, a la vez del problema de si es posible establecer juicios sintéticos *a priori* en la física. Veremos en las siguientes secciones cómo algunos filósofos atacaron el problema, en relación con las consecuencias filosóficas de la teoría de la relatividad, y los inconvenientes que ésta le traería a la epistemología kantiana; uno de los autores que más luz traería sobre dichos problemas fue sin lugar a dudas Henri Poincaré.

IV.2.2 Poincaré y el convencionalismo en geometría.

El sentido espacial se reduce, pues,
a una asociación constante entre
ciertas sensaciones y ciertos movimientos,
o a la representación de esos movimientos.
Ahora bien, ¿por qué y en qué medida
es relativo el espacio?

Henri Poincaré

Poincaré nos ofrece un conjunto de argumentos sobre la geometría, que de una u otra forma resultan sumamente fructíferos dados nuestros intereses. Si bien, se opuso al carácter sintético *a priori* de la geometría, en lo que él consideraba el sentido de Kant: “Los axiomas geométricos no son, por lo tanto, ni juicios sintéticos *a priori* ni hechos experimentales.” (Poincaré 1984, p. 185) Su idea de que toda

representación²⁴⁵ empírica puede llegar a ser “geometrizada”²⁴⁶ en algún sistema geométrico que se elige por convención, llegó a dar suficientes elementos para las posteriores discusiones en filosofía de la geometría, pues, entre otros, los positivistas lógicos retomarían varias de sus ideas en relación con la relatividad.

Poincaré (1984) no cree que exista lo que podría llamarse un “sentido espacial”, algo así como una “forma espacial única”, que nos sirva como base para configurar experiencias. Así nos lo hace notar en un pequeño artículo: “El espacio y el tiempo”: “En primer lugar, desecharé la idea de un pretendido sentido espacial que nos haría localizar nuestras sensaciones en un espacio completamente hecho, cuya noción existiría antes de toda experiencia y que, con anterioridad a cualquier experiencia, tendría todas las propiedades del espacio del geómetra.” (p. 137) ¿Se observa aquí su crítica a la “intuición pura”, y a la existencia de juicios sintéticos *a priori* en geometría, a la vez de su idea de “convencionalismo geométrico”?, diríamos que no. Más bien, lo que el matemático francés nos está diciendo es que: “La geometría no puede ser ni cierta ni falsa porque contiene elementos teóricos convencionales.” (Heinzmann 2000, p. 138) En primer término: convencionales en relación con la existencia de diversas geometrías, de aquí que no pueda hablarse de una “posición absoluta”, de una “distancia absoluta” de un objeto, por lo que, en cierto sentido, cabe aquí la cuestión, ya inserta en las reflexiones y trabajos de Helmholtz: “¿tiene el espacio propiedades geométricas independientes de los instrumentos que sirven para medirlo?”²⁴⁷ “En este sentido, la geometría es una convención, una especie de arreglo entre nuestro amor por la simplicidad y nuestro

²⁴⁵ Resulta importante señalar que el concepto de representación en términos kantianos abarca varios sentidos. Por ejemplo, en <A197>[B242], Kant define a las representaciones como “determinaciones internas de nuestra mente, en esta o aquella relación con el tiempo.” Si nos quedamos con esta última definición, difícilmente la podríamos equiparar a lo que Poincaré entiende por representación en el presente pasaje, pues la representación de la que el autor está hablando es aquella representación *a posteriori*, por algo empírica, que acontece una vez hemos sido afectados por los objetos. Recibimos representaciones por medio de la sensibilidad, pero a su vez, configuramos representaciones en la mente.

²⁴⁶ Cfr. “Nos representamos los cuerpos exteriores en el espacio geométrico, pero *razonamos* sobre ellos como si estuvieran situados en el espacio geométrico.” (Poincaré 1984, p. 158)

²⁴⁷ Cabe aquí, de entrada, el ejemplo que trataremos más adelante, de imaginar un mundo esférico, sometido a la ley de dilatación por la temperatura, de tal manera que ésta varía en términos de $R^2 - r^2$, donde la temperatura es máxima en el centro de la esfera, y disminuye en la medida que se está cerca de la superficie, y tal que incluso los seres e instrumentos de dicho mundo, también se dilatarían en la misma proporción, por lo que éstos no notarían la variación de posición y distancia de los cuerpos, de aquí la afirmación de Poincaré: “Estudiar geometría significa estudiar las propiedades de nuestros instrumentos, es decir, del cuerpo sólido.”

deseo de no apartarnos demasiado de lo que nos enseñan los instrumentos. Esta convención define a la vez el espacio y el instrumento perfecto.” (Poincaré 1984, p. 140)

Habiendo identificado algunos aspectos generales de la filosofía de Poincaré, centrémonos en ciertos aspectos básicos. De principio, tomemos como referencia el artículo: "Space and Geometry"²⁴⁸, donde el autor identifica varios tipos de espacio:

- El espacio geométrico, el cual tiene como características que es continuo, infinito, tiene tres dimensiones, es homogéneo e isotrópico.
- El espacio representativo, considerado como espacio visual, espacio táctil y espacio motriz.

Así, Poincaré, al distinguir entre tales tipos de espacio, concluye que precisamente no es posible afirmar que nos representamos los objetos exteriores en el espacio geométrico, más bien, *razonamos* sobre éstos, considerándolos como situados en el espacio geométrico²⁴⁹, y asimismo: como moviéndose en dicho espacio, tal que sólo “nos representamos los movimientos que es preciso hacer para alcanzar ese objeto”. De todo esto, según Poincaré, podremos concluir que la noción de espacio no puede ser algo preexistente a la representación: “Ninguna de nuestras sensaciones, aislada, habría podido conducirnos a la idea de espacio; hemos sido conducidos a ella solamente estudiando las leyes según las cuales esas sensaciones se suceden.” (Poincaré 1984, p. 159) Llegados aquí podríamos plantear la cuestión: ¿será todo esto realmente “antikantiano”?

El “Kant de Poincaré” no es el que hemos configurado en la presente tesis. Primero, porque: ¿a cuál “idea de espacio” se está refiriendo Poincaré? Parecería que por “sensaciones” sólo entiende lo que tiene que ver con el conjunto de

²⁴⁸ Capítulo IV de la parte II de *Science and Hypothesis* (Dover, 1952); salvo que se haga la aclaración, la mayoría de las citas provienen de la traducción “El espacio y la geometría” en Henri Poincaré, *Filosofía de la ciencia*, CONACYT, 1984, pp. 153-170.

²⁴⁹ *Cfr.* “In Poincaré’s view, however, such a space is essentially pre-geometrical or, perhaps more precisely, non-geometrical. The only geometry it can be assumed to have is “intuitive” geometry in Poincaré peculiar sense, which is not really geometry at all.” (DiSalle 2008, p. 87)

percepciones, por algo su sentencia: “*Por lo tanto, si no hubiera cuerpos sólidos en la naturaleza, no habría geometría.*” De esto último se pueden observar las reminiscencias de Helmholtz en Poincaré, pues precisamente, también para el matemático francés, “las leyes de desplazamiento de los cuerpos sólidos constituyen el objeto de la geometría”²⁵⁰. Segundo, como ya vimos en capítulos anteriores: en Kant resulta clara la distinción entre espacio físico, espacio geométrico y espacio como intuición pura *a priori* (orden de presentación). Por lo anterior, la representación del espacio, a la sazón de Kant, no puede entenderse como “producto de sensaciones”; el espacio, al ser “orden de presentación”, es lo que posibilita la ubicación de los objetos, a la vez de la distinción entre éstos, es decir, posibilita ordenar las sensaciones y distinguir entre particulares, pero no genera el orden de dichos particulares (ver capítulo II).

Ahora bien, ¿cómo entendió Poincaré el carácter de la geometría euclidiana en el contexto de la epistemología kantiana? El autor entiende a Kant, como la mayoría de los intérpretes kantianos, en términos de que “la intuición espacial es euclidiana”, así lo afirma: “Si el espacio geométrico fuera un marco impuesto a cada una de nuestras representaciones, consideradas individualmente, sería imposible representarse una imagen fuera de ese marco y nada podríamos cambiar en nuestra geometría.”²⁵¹ (Poincaré 1984, p. 164) Como ya vimos, en nuestra interpretación de la Exposición Trascendental (capítulo II), la geometría, para Kant, sólo es un ejemplo de una ciencia que permite una representación estructurada del espacio, considerado como entidad física; además, la base de la teoría kantiana del espacio se encuentra en la Exposición Metafísica (ver capítulo II), donde el espacio corresponde a una intuición pura *a priori*, un “orden de presentación, que supone la presencia de un observador que es parte del orden mismo”, y que fundamenta su carácter ideal y subjetivo, pero apelando a que tal concepción no depende del carácter de la geometría. Asimismo, continúa el autor: “Nada nos impide entonces

²⁵⁰ Poincaré ya había afirmado esto en un artículo de 1898 titulado “Los fundamentos de la geometría”, donde sus investigaciones se insertan fielmente en el tipo de investigaciones ya realizadas por Helmholtz.

²⁵¹ Ésta y otras ideas son las que más adelante retomarían los positivistas lógicos para afirmar que “lo sintético *a priori* no existe”. Es muy conocido el background de convencionalismo en las reflexiones de los positivistas lógicos, a este tenor puede verse el trabajo de Anastasios Brenner: “The French Connection: Conventionalism and the Vienna Circle” en *History of Philosophy of Science*, pp. 277-286; Michael Friedman también ha tratado dicha conexión, sobre todo en su obra *Reconsidering Logical Positivism*.

imaginar una serie de representaciones, enteramente semejantes a nuestras ordinarias, pero que se sucedan conforme a leyes muy diferentes de aquellas a que estamos acostumbrados.” (*Ibidem*) ¿No está esto en concordancia con ciertos aspectos que desarrollamos en la última sección del capítulo III, en relación con el concepto de “ontología de la experiencia”?

Además, al igual que Helmholtz, Poincaré considera que las geometrías no euclidianas también son susceptibles de ser representadas, para lo cual nos da un ejemplo interesante en su artículo “Space and Geometry” (1984):

- “Supongamos, por ejemplo, un mundo encerrado en una gran esfera y sometido a las siguientes leyes: (1) La temperatura no es allí uniforme, sino que es máxima en el centro y disminuye a medida que se aleja de él, para reducirse al cero absoluto cuando alcanza la superficie por la cual está limitado ese mundo. (2) Además se puede determinar la ley conforme a la cual varía su temperatura. Sea R el radio de la esfera y r la distancia del punto considerado al centro de la esfera. La temperatura absoluta será proporcional a R^2-r^2 . (3) Supongamos, además, que en ese mundo todos los cuerpos tengan el mismo coeficiente de dilatación, de manera tal que la longitud de una regla cualquiera sea proporcional a su temperatura absoluta. (4) Por último, supongamos que un objeto transportado de un punto a otro cuya temperatura sea diferente, se ponga inmediatamente en equilibrio térmico con su nuevo medio.”

Entre otras cosas, Poincaré demuestra con este ejemplo, que cualesquiera seres que habiten en dicho mundo, no podrían notar las diferencias de deformación de los sólidos, estén donde estén, es decir, que no hay diferencias de visión, táctiles o motoras, lo que finalmente repercute en una “convención geométrica”; pues aunque los desplazamientos de los cuerpos en dicho mundo, impliquen deformaciones de éstos, los seres que habitan el mundo seguirían teniendo las mismas percepciones, tales que obedecerán al tipo de geometría que dichos seres han creado: no euclidiana, de aquí el carácter convencional de la geometría.

Algo que resulta también importante, es la idea de Poincaré de que los cambios de posición de un cuerpo, tratados geoméricamente, ya sea en una geometría euclidiana o no euclidiana, pueden obedecer a ciertas propiedades y leyes únicas, las cuales están relacionadas con un “grupo²⁵² particular geométrico”: “El objeto de la geometría es el estudio de un grupo particular; pero el concepto general de grupo preexiste en nuestra mente, al menos en potencia. Se nos impone, no como forma de nuestra sensibilidad, sino como forma de nuestro entendimiento.”²⁵³ (Poincaré 1984, p. 169) Con esto último, Poincaré nos da más atisbos de su convencionalismo geométrico, pues resulta que la experiencia es la que nos hará decidir entre cuál grupo particular es el más conveniente: “La experiencia nos guía en esta elección que no nos impone y tampoco nos permite reconocer cuál es la geometría verdadera, sino cuál es la más cómoda.” (*Íbidem*) Sólo recordemos que para Kant, el decidir sobre la estructura geométrica del espacio físico no es un problema de la experiencia.

Ahora bien, quizá gran parte de las ideas del artículo “Non-Euclidean Geometries” puedan resumirse en la tesis: “*Los axiomas geométricos no son, por lo tanto, ni juicios sintéticos a priori*²⁵⁴ *ni hechos experimentales.*” (Poincaré 1984, p. 185) Acaso una tesis frente al paradigma de las llamadas geometrías no euclidianas, a la vez de ciertos aspectos *empíricos* y epistemológicos de éstas. He aquí la completa fórmula del fundamento de un convencionalismo en geometría, pues para Poincaré, los axiomas geométricos no son más que convenciones: “nuestra elección entre todas las convenciones posibles es guiada por los hechos experimentales, pero permanece *libre*, y sólo responde a la necesidad de evitar toda contradicción.” (*Íbidem*) A este tenor, como bien menciona Lawrence Sklar (1974), la tesis

²⁵² Un grupo, en el sentido matemático, corresponde a una estructura algebraica, que comprende un conjunto de elementos junto con una operación que relaciona dos elementos; tal operación debe cumplir ciertos axiomas de grupo, como la asociatividad, el contener un elemento neutro, entre otros.

²⁵³ Esta idea de Poincaré resulta sumamente fértil, pues precisamente es un tema que se encuentra en la base de los desarrollos en lógica, matemáticas y física durante los siglos XIX y XX, asimismo, es un tema importante para nuestra investigación. *Cfr.*: “Desde mi punto de vista, la función sintética básica *a priori* constitutiva del objeto de experiencia, que Kant llamó <<originaria unidad sintética de apercepción>>, encuentra en el concepto de grupo su formulación exacta.” (Peláez-Cedrés 2008, p. 234)

²⁵⁴ Curiosamente, Poincaré consideraba que los axiomas de la aritmética sí eran juicios sintéticos *a priori*.

convencionalista de Poincaré en dicho artículo²⁵⁵ puede caracterizarse en los siguientes puntos²⁵⁶:

- (1) Podría pensarse que las geometrías no euclidianas contienen cierta inconsistencia.
- (2) Lo anterior es refutado por la consistencia de las demostraciones, al mismo tiempo que dichas geometrías son consistentes con la geometría euclidiana.
- (3) Podría pensarse a su vez que las geometrías no euclidianas no tienen aplicabilidad, debido a que nuestras percepciones y leyes obedecen a la configuración debida a la geometría euclidiana.
- (4) Al analizar cómo el carácter geométrico de una teoría se funda en la naturaleza de nuestra experiencia sensorial, se identifica un claro malentendido. De aquí que precisamente, el análisis muestra que la experiencia sensorial es compatible con las geometrías no euclidianas.
- (5) Si la experiencia sensorial resulta ser compatible con algunas geometrías, e incompatible con otras, a partir de experimentos y observaciones, puede “escogerse” cuál geometría como la más adecuada, a partir de ciertas premisas, propias de una “epistemología empirista” de la geometría.
- (6) “De ninguna manera, el enfoque empirista podría estar equivocado. Pues dada una colección de observaciones empíricas, y un conjunto de geometrías, todas incompatibles entre sí, aún así, *podrían todas ser igualmente compatibles con los resultados experimentales.*”
- (7) La consecuencia de la tesis anterior es que, bajo la determinación de ciertas hipótesis por los hechos, resulta factible inclinarse por una tesis convencionalista de la geometría, es decir: “Uno debe simplemente *escoger* la geometría que uno use para describir el mundo, *por convención.*”

²⁵⁵ Poincaré lleva a cabo un análisis conciso de las distintas geometrías, como la de Lobachevsky (curvatura negativa) y la de Riemann (curvatura positiva); a su vez, caracteriza algunos aspectos básicos de las geometrías de curvatura constante, y hace señalamientos interesantes en relación con la epistemología de la geometría, la naturaleza de los axiomas y las geometrías de Hilbert.

²⁵⁶ La obra de Sklar: *Space, Time and Spacetime*, constituye un referente sobre la epistemología de la geometría, precisamente en el capítulo II de su libro, lleva a cabo un análisis sustancioso sobre los distintos autores que han tratado el problema, de aquí que el análisis de Sklar sobre el convencionalismo de Poincaré, abarque los tres artículos de la parte II de *Science and Hypothesis*: Chapter II: Non-Euclidean Geometries; Chapter IV: Space and Geometry; y Chapter V: Experiment and Geometry.

(8) Dado que la geometría euclidiana es más sencilla (fácil) que las geometrías no euclidianas, entonces, por convención, la geometría euclidiana es la más “cómoda” para describir el mundo.

Complementando esta última tesis, al final del artículo, Poincaré da una razón más del por qué la geometría euclidiana seguirá usándose: “Porque concuerda con las propiedades de los sólidos naturales; esos cuerpos a los cuales se aproximan nuestros miembros y nuestros ojos, y con los que fabricamos nuestros instrumentos de medida.” (Poincaré 1984, p. 186) Cabe señalar que precisamente Poincaré afirma que no existe una “intuición espacial” *a priori*, en lo que para él es el sentido de intuición espacial de Kant, puesto que para el autor la representación espacial la obtenemos de la experiencia al tratar de analizar y dar orden a los fenómenos, en el sentido de que: “Las leyes de estos fenómenos constituyen el objeto de la geometría”, por algo la importancia que el autor le atribuye a nuestros sentidos, de ahí su identificación de espacio visual, espacio táctil y espacio motriz. Cabe aquí una simple cuestión: ¿si se habla del espacio como intuición pura *a priori*, se está hablando de una representación estructurada, como lo es la intuición espacial euclidiana? Dados los argumentos del capítulo II, podremos responder negativamente a la cuestión, y en contraposición con Poincaré, dado como éste entendió a Kant.

De una u otra forma, hemos especificado los puntos más importantes de la filosofía de la geometría de Poincaré, lo que, en parte, nos lleva a estar de acuerdo con algunos de éstos; sin embargo, fácilmente se puede identificar que “el Kant de Poincaré no es el Kant que hemos configurado en el capítulo II, en cuanto al problema del espacio y la geometría”. El matemático francés concibió cómo los desarrollos en geometría y lógica, a la par de los avances en física, contribuían a una refutación de la filosofía de la geometría de Kant, y lo hizo, claro, entendiendo que la validez de dicha filosofía está fundamentada en el carácter de la geometría euclidiana, lo cual sólo tiene sentido si se entiende que la idealidad del espacio en Kant, depende de la validez de la geometría (euclidiana) al aplicarse al análisis del

espacio físico, lo cual corresponde a cómo no debe entenderse la base de la filosofía kantiana del espacio.

Poincaré creyó que la teoría de la idealidad del espacio depende de la validez de la geometría euclidiana al aplicarse al análisis del mundo, pero a diferencia de esto, como lo hemos visto en el capítulo II: la teoría de la idealidad del espacio es independiente de la validez o no de cualquier geometría, al aplicarse al análisis del espacio físico; asimismo, la naturaleza de los juicios sintéticos *a priori*, a como los entendió Poincaré, no corresponde del todo a lo que se deriva de la filosofía de la matemática de Kant (ver capítulo II).

Varias han sido las críticas al convencionalismo de Poincaré²⁵⁷, aunque no es el lugar para dar cuenta de éstas. Cabe señalar que algunas catalogan a la tesis convencionalista de ser una tesis epistemológicamente débil; sin embargo, el común denominador de dichas críticas toma como paradigma a la relatividad general, hecho que Poincaré no tuvo oportunidad de considerar. A pesar de ello, dichos críticos mencionan que inclinarse por preferir una u otra geometría no es asunto de convención, pues la estructura geométrica no euclidiana del espaciotiempo relativista es un hecho experimental, no un asunto de convención, de aquí que finalmente surge la especulación de qué hubiera dicho Poincaré al respecto²⁵⁸. Como hemos visto en el capítulo anterior, en cierto sentido, el decidir por una u otra geometría, para representar al espacio físico, no puede considerarse un asunto de convención, más bien del contenido epistémico de la teoría que se está considerando, y tal que al postular una estructura espacial específica, permite a su vez llevar a cabo ciertas experiencias de objetos.

²⁵⁷ Por ejemplo, Nick Huggett (1999) considera que es imposible decidir sobre la “verdad por convención de una geometría”. Asimismo, Michael Friedman (1999), en cierto acuerdo con nuestra postura, afirma: “Poincaré’s basic philosophical conception thus by no means implies a general rejection of the synthetic a priori. On the contrary, without the synthetic a priori, his argument simply makes no sense. Precisely because geometry, like arithmetic, is synthetic, but also –according to the Helmholtz-Lie theorem and in contradistinction to arithmetic– is not uniquely determined, it follows that geometry is conventional.” (p. 84)

²⁵⁸ En este y otros aspectos técnicos, es que retomaremos a Poincaré en el próximo capítulo, a su vez en las secciones siguientes, en términos de las críticas que positivistas lógicos llevaron a cabo sobre su convencionalismo. En el capítulo V analizaremos un artículo de Shahen Hacyan (2008): “Geometry as an object of experience: Kant and the missed debate between Poincaré and Einstein”, en relación con aspectos formales de la relatividad general.

Poincaré saldrá a colación más adelante (ver capítulo V). Su filosofía de la geometría sentaría las bases para algunas especulaciones llevadas a cabo por los positivistas lógicos, y de una u otra forma, sigue teniendo cierta vigencia.

IV.2.3 Cassirer y la función del *a priori*.

All physics considers phenomena
under the standpoint and presupposition
of their measurability.

Ernst Cassirer
Einstein's Theory of Relativity...

El trabajo de Cassirer puede considerarse que camina en dos perspectivas: la filosofía y la fundamentación filosófica de la ciencia. Formado en la escuela neokantiana de Marburgo, fue alumno de Hermann Cohen²⁵⁹, y su formación filosófica se inserta precisamente en la filosofía neokantiana, por lo que sus ideas sobre la ciencia, principalmente la física de su tiempo, están en íntima conexión con la filosofía de Kant.

La lectura que Cassirer lleva a cabo de la teoría de la relatividad, posee la pretensión de mostrar que dicha teoría da sustento a ciertos aspectos de la epistemología kantiana: la intuición pura o la doctrina del espacio y el tiempo, por ejemplo, considerando a estos últimos como “funciones de objetivación”, en el sentido de que poseen un carácter tanto psicológico como trascendental²⁶⁰:

El espacio y el tiempo son los primeros y fundamentales *medios de construcción* de la objetividad. Conocer un objeto de la experiencia exterior significa, sencillamente, plasmarlo conforme a las reglas de la síntesis espacial pura, a base de las

²⁵⁹ Para aspectos biográficos y de formación intelectual de Cassirer, puede verse Krois (1987) o Paetzold (1995); ciertos aspectos también biográficos pueden encontrarse en el excelente texto de Michael Friedman (2000): *A Parting of the Ways: Carnap, Cassirer, and Heidegger*.

²⁶⁰ En este punto puede consultarse el Libro Séptimo del segundo tomo de su extensa obra: *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia modernas* (2011). Cfr. “El espacio y el tiempo cuentan como <<intuiciones puras>> no debido a que son expresiones de una facultad no-discursiva de la mente, sino simplemente debido a que son los primeros productos del pensamiento empírico constructivo en la constitución progresiva del conocimiento científico.” (Peláez-Cedrés 2008, p. 107)

impresiones de los sentidos, y, por tanto, hacerlo surgir dentro del espacio. (Cassirer 2011, p. 639)

En términos generales, lo que Cassirer pretende mostrar en su lectura de Kant, es que espacio y tiempo, como formas puras, poseen objetividad en términos de ser condiciones de posibilidad de los fenómenos; pero no debe entenderse como algo propio de la objetividad de los objetos. Por estos y otros aspectos, en relación con algunas de sus obras como *Substance and Function*, es que no puede estudiarse la obra que nos atañe: *Einstein's Theory of Relativity Considered from the Epistemological Standpoint*, separada de algunos otros trabajos del autor. Si bien, nuestra pretensión sólo es revisar esta última, nos habremos de remitir a algunas ideas vertidas en otras de sus obras.

Así, en *Substance and Function*, Cassirer pretende mostrar, entre otros aspectos, que tanto la matemática como la ciencia empírica construyen sus conceptos de forma similar, de manera que puede identificarse que los datos empíricos pueden ser representados a través de una determinada “función”.

Como ya hemos tenido oportunidad de tratar, en Kant, las matemáticas construyen sus conceptos en relación con una intuición pura (ver capítulo II), de aquí que para Cassirer (1923/2012): “Los conceptos matemáticos están enraizados a través de una definición genética, a través del establecimiento intelectual de una conexión constructiva.” (p. 12)²⁶¹ De manera que el autor considera que dichos conceptos provienen de una actividad sintética y constructiva. Por tanto, Cassirer identifica una “función conceptual” en la construcción del conocimiento matemático²⁶², la cual considera: está también presente en las ciencias empíricas, por lo que no tiene ninguna dificultad en afirmar, en el contexto mismo de la teoría de la relatividad, que existe una especie de “función de espacialidad” que está presente

²⁶¹ “Mathematical concepts, which arise through genetic definition, through the intellectual establishment of a constructive connection.”

²⁶² A este tenor puede verse el capítulo III de *Substance and Function*, y el capítulo VI de *Einstein's Theory of Relativity Considered from the Epistemological Standpoint*.

en toda teoría física del espacio, la cual está representada por el elemento métrico²⁶³:

$$ds^2 = \sum_{\mu, \nu=0}^3 g_{\mu\nu} dx_{\mu} dx_{\nu}.$$

Cabe decir aquí que Cassirer considera que dicha “función de espacialidad” es común a cualquier estructura espacial.

Y ahora podemos preguntar, epistemológicamente, solamente una cuestión: si puede ser establecida una exacta relación y coordinación entre los símbolos de la geometría no euclidiana y la variedad empírica de “eventos” espacio-temporales. Si la física responde a esta cuestión afirmativamente, entonces la epistemología no tiene que fundamentar negativamente su respuesta. Por el “a priori” del espacio es que se afirma la condición que cada teoría física envuelve, como ha sido visto, ninguna aserción concierne a una definitiva y particular estructura del espacio en sí mismo, pero es concerniente sólo con la función de “espacialidad” en general, que es expresada incluso en el concepto general del elemento lineal ds como tal, claramente sin remitirnos a su carácter en detalle. (Cassirer 1923/2012, pags. 432-3)²⁶⁴

De aquí que a su vez, Cassirer pueda concluir que la variedad espaciotiempo, propia de la relatividad, debe considerarse más como una prioridad lógica que como una prioridad física.

A través de los cambios en los sistemas teórico-hipotéticos permanecen ciertos principios lógicos generales, que son la verdadera condición de posibilidad del establecimiento progresivo de marcos conceptuales. Cassirer llama a estos principios

²⁶³ El elemento métrico en geometría, resulta ser una generalización del “Teorema de Pitagoras” para cualquier sistema de coordenadas. El caso presentado, define precisamente el elemento métrico en un espacio de 4 dimensiones.

²⁶⁴ “And now we can ask, epistemologically, only one question: whether there can be established an exact relation and coordination between the symbols of non-Euclidean geometry and the empirical manifold of spatio-temporal “events”. If physics answers this question affirmatively, then epistemology has no ground for answering it negatively. For the “a priori” of space that it affirms as the condition of every physical theory involves, as has been seen, no assertion concerning any definite particular structure of space in itself, but is concerned only with that function of “spatiality” in general, that is expressed even in the general concept of the linear element ds as such, quite without regard to its character in detail.”

permanentes los <<invariantes de la experiencia>>, e incluye entre ellos las categorías de espacio y tiempo, de magnitud y de dependencia funcional de magnitudes. (Peláez-Cedrés 2008a, p. 122)

Lo que en parte entiende el autor sobre las ideas de Cassirer, es que ciertos elementos (ver capítulo III) permanecen inalterables en la experiencia, es decir, que en la constitución de una experiencia, el marco espacio-temporal se mantiene como un aspecto funcional. Por ejemplo, en el caso de teorías como la newtoniana o la relatividad, ambas apelan a una estructura geométrica para representar la estructura del espacio, y tal estructura es definida básicamente en términos del elemento métrico mencionado líneas arriba.

Cabe aquí referirnos a lo que Cassirer entiende por *a priori*. En este último sentido, lo *a priori* en Cassirer debe entenderse no sólo como lo que es independiente de la experiencia y válido universalmente y en todo tiempo, sino como un elemento que está contenido en todo juicio sobre los hechos, es decir, en un juicio que relata una experiencia, que está referido a la constitución de un objeto de experiencia: “Una cognición es llamada *a priori* no en el sentido de como si fuera *prioritaria* para la experiencia, pero porque y rápidamente está contenida como una premisa necesaria en cada juicio válido concerniente a la experiencia.” (Cassirer 1923/2012, p. 269)²⁶⁵ Este ámbito de lo *a priori* referido a la experiencia, y propio del kantismo, es ampliado en relación con las ciencias de la naturaleza, en especial la física, pues el autor considera dos sentidos de lo *a priori*:

- (1) Relativo y dinámico (en relación con los sistemas teóricos cambiantes en el tiempo, las teorías).²⁶⁶
- (2) Constituyente de la experiencia y válido para todo tiempo y lugar (condiciones de posibilidad de aplicación de los sistemas teóricos).

²⁶⁵ “A cognition is called *a priori* not in any sense as if it were *prior* to experience, but because and in so far as it is contained as a necessary premise in every valid judgment concerning facts.”

²⁶⁶ En este punto, como bien menciona Schmitz-Reil (2009): “Cassirer arriba a una rigurosa visión dinamizada del conocimiento, la cual elimina los pretendidos componentes absolutos y temporales por el entendimiento de un espacio formado de elementos conceptuales –como el esquema forma-materia, las categorías, juicios y principios del *a priori* kantiano- como resultado de un proceso abierto de estructuración y organización.” (p. 77)

En un cierto sentido, como se ha mencionado líneas arriba, para Cassirer: “Una cognición es *a priori* no porque sea prioritaria para la experiencia, sino porque, y sólo en la medida en que es considerada como una premisa de juicios válidos concernientes a “hechos” de la ciencia.” (Ryckman 2005, p. 41)²⁶⁷ Es decir, en la ciencia, las teorías poseen “presuposiciones lógicas”, las cuales pueden ser vistas como elementos *a priori* o como convenciones.

Así, por lo visto hasta aquí, y en términos generales, puede identificarse que las reflexiones de Cassirer en torno a la teoría de la relatividad son plenamente devotas de sus análisis epistemológicos llevados a cabo en *Substance and Function*.

Ahora bien, en *Einstein's Theory of Relativity...*, Cassirer comienza afirmando que la noción de objeto en ciencia obedece al hecho de que éste es “algo que puede ser medido”²⁶⁸, por lo que considera que un problema para la epistemología consiste en identificar las condiciones para llevar a cabo “dicha medida del objeto”, y a su vez, considerar que en el proceso de medición van implícitos ciertos principios, hipótesis o axiomas²⁶⁹. Para Cassirer, la teoría de la relatividad ha planteado una transformación en los procesos de medida de la física, pues ha mostrado que conceptos como “masa”, “longitud”, etc., no son propiedades de los objetos, más bien de relaciones de los objetos a marcos de referencia, un paso adicional “de antropomorfismo” en el concepto de objeto físico. Lo anterior corresponde a parte de lo que Cassirer trata en el capítulo II de su artículo, donde indaga a su vez sobre el carácter empírico de la teoría de la relatividad, concluyendo que dicha teoría ha proporcionado una nueva prueba de la relación entre pensamiento y sensaciones. De manera que, para el caso de la relatividad general, el principio de covarianza ilustra precisamente dicha nueva relación:

²⁶⁷ “A cognition is *a priori* not because it is prior to experience but because, and only insofar as, it is contained as a necessary premise of valid judgments concerning the “facts” of science.”

²⁶⁸ Este hecho fue señalado por Max Planck, y tratado por Cassirer en el presente escrito (ver p. 357).

²⁶⁹ A propósito de esta idea, y de su bagaje kantiano, puede compararse con lo que llevamos a cabo en la sección III.4, donde se estableció el concepto de “ontología de la experiencia”.

No obstante, con el requerimiento de la covarianza general, la teoría de la relatividad general ha dado un nuevo significado a la idea kantiana de unidad de la naturaleza como una “unidad de determinadas relaciones funcionales”, asimilando bajo transformaciones arbitrarias de coordenadas, todas las medidas resultantes obtenidas en sistemas particulares de referencia. El concepto de objeto de la física ha llegado a ser el concepto de lo que permanece invariante bajo tales transformaciones arbitrarias, y la dinámica es más y más resuelta dentro de la geometría (*reine Metrik*)²⁷⁰, una tendencia, observada por Cassirer, más claramente evidente en el tratamiento de Weyl²⁷¹ de la relatividad general. (Ryckman 2005, p. 43)²⁷²

Cassirer considera que tal principio de covarianza no es precisamente un hecho empírico, sino más bien un “postulado intelectual”, “un requerimiento no de la experiencia, sino de nuestra forma de representación intelectual”. De todo esto, el autor concluye que dicho principio puede verse como que ilustra una condición regulativa de la constitución de un objeto de experiencia en relatividad, con lo que se fundamenta a su vez la idea kantiana de la necesidad de principios regulativos, *a priori*, para el entendimiento, y constitutivos en la experiencia de objetos (ver capítulo III). Así, en Cassirer, el principio de covarianza puede verse más como un principio de carácter metodológico, pues la inalterabilidad de las leyes de la naturaleza encuentra su expresión natural en precisamente la covarianza de las ecuaciones de la relatividad²⁷³.

Finalmente, lo que puede entenderse es que Cassirer se está refiriendo al problema de la objetividad en física, traído a colación por la teoría de la relatividad, de manera que si se lleva a cabo un análisis epistemológico de dicha teoría, pueden a su vez identificarse ciertos indicios de la vigencia del sistema kantiano. ¿No está

²⁷⁰ En relación con la “función de espacialidad” especificada líneas arriba. También es llamada “métrica pura”.

²⁷¹ Se refiere al texto de Hermann Weyl: *Space-Time-Matter*, donde el autor lleva a cabo una formalización de la relatividad en relación con la teoría de grupos.

²⁷² “Nonetheless, with the requirement of general covariance, the general theory of relativity has given a new meaning to the Kantian idea of unity of nature as a “unity of determinate functional relations”, assimilating under arbitrary transformations of the coordinates, all measurement results obtainable in particular references systems. The concept of object of physics has become the concept of what remains invariant under such arbitrary transformation, and dynamics is more and more resolved into geometry (*reine Metrik*), a tendency, Cassirer observed, most clearly evident in Weyl’s treatment of general relativity.”

²⁷³ A este tenor, puede verse el capítulo II de Ryckman (2005), o Schmitz-Rigal (2009).

esto en cierta concordancia con el concepto de “ontología de la experiencia”, especificado en el capítulo anterior?

En términos generales, Cassirer cree que el problema del conocimiento y de la verdad sólo constituyen casos particulares del problema del significado²⁷⁴, empresa que desarrolla más ampliamente en su *Filosofía de las Formas Simbólicas*²⁷⁵. En el caso específico de la física, como bien menciona Schmitz-Rigal (2009): “A diferencia de la epistemología clásica, Cassirer acierta en que un proceso de objetivación no puede incluso comenzar antes de que un objetivo particular ha sido delimitado, lo cual define su dirección, provee su fuerza para conducirse y sirve como un criterio para su éxito.” (p. 79) De nuevo, esto último puede entenderse en relación con lo que hemos desarrollado en el capítulo III, alrededor del concepto de “ontología de la experiencia”, y cómo para constituir objetos, se comienza con establecer criterios de objetividad.

Para concluir, cabe señalar que la filosofía de Cassirer resulta importante por haber desarrollado algunos problemas propios del neokantismo, frente a los logros de las ciencias de su tiempo, en especial la física, aunque los alcances de su obra van mucho más allá.

Einstein no estuvo de acuerdo en la interpretación de Cassirer de la relatividad, y se adhirió a la interpretación del positivismo lógico; a pesar de ello, el trabajo de Cassirer da respuesta a diversas problemáticas propias de la filosofía kantiana frente a la relatividad, por lo que su relevancia es por demás notable dados los intereses de la presente tesis.

IV.3 Relativización del *a priori*.

The special and general theories of relativity were wrongly cited as straightforwardly validating central tenets of the logical empiricist program, such as verificationism, and Einstein

²⁷⁴ *Cfr.* “El signo constituye para la conciencia, por así decirlo, la primera etapa y la primera prueba de objetividad, porque sólo mediante él mismo se le brinda cohesión al constante flujo de los contenidos de la conciencia, porque sólo en él se determina y de él se extrae algo permanente.” (Cassirer 2003, tomo I, p. 31)

²⁷⁵ No es objetivo nuestro tratar las temáticas desarrolladas en dicha obra, sólo resulta importante señalar que para Cassirer hay una “referencia simbólica” en la conciencia, la cual considera como una referencia trascendental, una “función primaria”.

was wrongly represented as having explicitly endorsed those same philosophical principles.

Don Howard

Einstein and the Development of Twentieth Philosophy of Science.

En la presente sección, nos centraremos en algunas ideas de tres pensadores representativos de la escuela filosófica que se ha dado en llamar el Empirismo Lógico²⁷⁶; tales pensadores son: Moritz Schlick, quien en su obra *Space and Time in contemporary Physics: An Introduction to the Theory of Relativity and Gravitation*, lleva a cabo una “evaluación” de la relatividad frente a las ideas kantianas de espacio y tiempo y la geometría, entre otras; Rudolf Carnap, el cual fundamenta la idea de “geometría física”, ya planteada por el mismo Einstein (1921), a la vez de desarrollar una teoría de la constitución de objetos, donde lo sintético *a priori* kantiano ya no tiene cabida (ver por ejemplo: *The Logical Structure of the World, Fundamentación Lógica de la Física*); y Hans Reichenbach, cuya obra *The Theory of Relativity and A priori Knowledge*, resulta sumamente fructífera, a diferencia de cómo Schlick y Carnap ubicaron a la epistemología kantiana frente a los logros de la relatividad.

A la par de revisar ciertos pasajes de las obras mencionadas, varios son los temas en los que nos habremos de centrar, a saber:

- La existencia y/o posibilidad de juicios sintéticos *a priori* en la relatividad.
- La naturaleza de las geometrías no euclidianas.
- El estatus epistemológico de las teorías de la física.
- La existencia o no de una “geometría física”.

Cabe señalar que con respecto al último punto, que de entrada consideramos un tanto absurdo, resulta obvio el hecho de que a partir de la relatividad, el carácter empírico de la geometría representó un tema sumamente tratado, aunque, como veremos, eso no significa que pueda haber dos tipos de geometrías: una “geometría matemática, analítica y *a priori*”; y una “geometría física, sintética y *a posteriori*”, como lo ha señalado principalmente Carnap. Mostraremos que sólo hay geometrías

²⁷⁶ En ciertos círculos epistemológicos suelen llamar a dicha escuela filosófica como Positivismo Lógico, y a su vez “El Círculo de Viena”.

euclidiana o no euclidianas, las cuales, efectivamente son analíticas y *a priori*; basta señalar que el que pueda hablarse del carácter empírico de tales geometrías, sólo está vinculado con el hecho de que éstas se aplican en teorías de la física, por lo que sólo adquieren dicho carácter empírico en el contexto de la o las teorías respectivas, dígase mecánica clásica o relatividad. Aceptar la idea de una “geometría física”, sería afirmar a su vez la existencia de un “cálculo físico”, de un “álgebra física”, etc., lo cual resulta ser un tanto absurdo, pues toda disciplina y/o entidad matemática no es que adquieran “realidad física”, sino que únicamente representan ciertas cantidades físicas en el contexto de la teoría o teorías de la ciencia que recurren a éstas.

No existe una “geometría física”, lo que existe es una teoría de la física (relatividad) que recurre a la geometría, caso específico las geometrías no euclidianas, para dar cuenta de fenómenos.

IV.3.1 Schlick y la negación de lo sintético *a priori*.

Yet one of the ideas most strongly defended by Schlick throughout his life was a complete separation between conceptual knowledge and intuition.

Joia Lewis Turner
“Conceptual Knowledge and Intuitive Experience: Schlick’s Dilemma”
In *Origins of Logical Empiricism*

Según Michael Friedman (1999), la obra de Moritz Schlick: *Space and Time in Contemporary Physics...*, obedece a una cierta reacción del autor frente a Cassirer²⁷⁷ y Mach, a la vez de su notable oposición a la existencia de lo sintético *a priori*. Así, es preciso mencionar que en la obra de Schlick²⁷⁸ donde se remite a la teoría de la relatividad, éste identifica que espacio y tiempo juegan un rol distinto en la física de Newton, del que juegan en la teoría de la relatividad:

Desde el punto de vista de la teoría del conocimiento, la objeción fue planteada bastante rápido contra Newton, tal que no hubo un uso de los términos espacio y

²⁷⁷ Ver la sección IV.2.3.

²⁷⁸ *Space and Time in Contemporary Physics: An Introduction to the Theory of Relativity and Gravitation*.

tiempo como “usados sin referencia a un objeto”; pero, al mismo tiempo, la física no tiene problemas acerca de estas cuestiones: meramente busca explicar fenómenos observados en la forma usual, redefiniendo y modificando sus ideas de la constitución y consistente comportamiento de la materia y del “éter”. (Schlick 1920, p. 2)²⁷⁹

En este sentido, lo que Schlick desea señalar es la actitud de los mismos físicos frente a los hechos, como fue el caso de Einstein al reinterpretar los resultados del experimento de Michelson-Morley²⁸⁰, tal que éste mostraba la no necesidad de apelar a la existencia del éter, en contraposición con otros físicos que buscaban “adaptar” los resultados. Por esto y ciertos otros aspectos, es que precisamente, espacio, tiempo y materia poseen un rol distinto en el ámbito de la física de Einstein, del que “jugaban” en la física de Newton, de aquí la naturaleza del “principio de relatividad”²⁸¹, el cual entra en conflicto con la idea del éter como “sistema de referencia absoluto”.

Cabe señalar que Schlick conduce la argumentación de su *Space and Time...* alrededor de una pregunta fundamental: ¿son el espacio y el tiempo reales?, para lo cual menciona: “Espacio y tiempo son, en un sentido y en otro, menos *independientes* que las cosas que existen en ellos; y los filósofos han enfatizado esta falta de independencia por la condición de que no existen en sí mismos.” (Schlick 1920, p. 22)²⁸² De aquí que, de acuerdo a lo que se ha llamado: “el criterio de Planck”, tal que los físicos consideran que sólo lo que es susceptible de ser medido es real, es que, para Schlick, a partir de la relatividad, se fundamenta la cuestión: ¿el espacio y el tiempo son medibles? Por lo que de todo lo anterior es que

²⁷⁹ “From the standpoint of the theory of knowledge, the objection was quite early raised against Newton, that there was no meaning in the terms Space and Time as used without ‘reference to an object’; but, for the time being, physics had no cause to trouble about these questions: it merely sought to explain observed phenomena in the usual way, by refining and modifying its ideas of the constitution and consistent behavior of matter and the ‘aether’”.

²⁸⁰ Con respecto a las características de este experimento, pueden consultarse los artículos originales de Michelson, A. A. and Morley E. W.: “Influence of Motion of the Medium on the Velocity of Light” [*American Journal of Science* 31: 377-86, 1886]; y “On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether” [*American Journal of Science* 34: 333-5, 1887].

²⁸¹ *Cfr.* “However great the revolution wrought by the special theory may have seemed, the claim that *all* motions without exception should be of a relative character (i. e. that only motions of bodies *relatively to one another* are to enter into physical laws).” (Schlick 1920, p. 21)

²⁸² “Space and Time are, in some sense or other, less *independent* than the things which exist in them; and philosophers have often emphasized this lack of independence by stating that neither exist in itself.”

precisamente puede darse el paso de analizar el carácter “empírico” del espacio y el tiempo. ¿No tiene esto algo que ver con la idea que desarrollamos en el capítulo anterior de espacio y tiempo como *objetos* de experiencia?

Ahora bien, como menciona Friedman (1999)²⁸³ Schlick entiende en una obra posterior (*General Theory of Knowledge*²⁸⁴) que los objetos, y a su vez, los conceptos de la física, sólo pueden ser concebidos como construcciones lógicas de la experiencia, donde los mismos conceptos llegan a ser individuados acorde a sus formas lógicas; asimismo, si espacio y tiempo llegan a ser “objetos de medida”, dicha medida ha de llevarse a cabo en atención a principios, bajo los cuales se coordinan ciertos elementos, tal que permiten que nuestras representaciones mentales se relacionen con el mundo. De todo esto, surge precisamente un concepto clave, el de coordinación:

El pensamiento no se diluye [como en Kant] en varias funciones categoriales; por el contrario, en nuestra concepción, *pensar* representa sólo una función, aquella de *coordinar*. La coordinación de dos objetos el uno con el otro [...] es, de hecho, un acto fundamental de la conciencia no reductible a ninguna otra cosa. Es un fin simple que sólo puede ser establecido, un límite y una base, hacia el cual todo epistemólogo debería finalmente empeñarse [...] En el pensamiento no hay, en realidad, ninguna otra relación que la de coordinación. (Schlick 1925/1985, p. 383)

Como puede identificarse, lo que Schlick nos está diciendo es que la “coordinación” implica designar, algo así como asociar un “signo” a un objeto de la realidad, por lo que todo juicio debe ser correlacionado (Peláez-Cedrés 2008b), de aquí la concepción de juicio de Schlick: o son analíticos y *a priori*, o son sintéticos y *a posteriori*; por tanto rechaza la existencia de juicios sintéticos *a priori*, en el sentido de Kant. Para Schlick, los juicios son *a priori* únicamente en un sentido lógico, ya que éstos no proceden de la experiencia. Así por ejemplo, a ojos de Schlick, la llegada de

²⁸³ Michael Friedman afirma que precisamente, *General Theory of Knowledge*, está inspirada en la influencia de Einstein, de ahí el tipo de realismo que Schlick configura en dicha obra.

²⁸⁴ Es de por sí conocido el hecho de que en esta obra, Schlick se basó, entre otros, en el trabajo de Hilbert sobre la geometría: *Foundations of Geometry*, donde tomó de éste la noción de “definición implícita”, de tal manera que le permitió afirmar que los conceptos primitivos de la geometría no requieren apelar a la intuición, es decir, éstos no poseen ningún significado o contenido intuitivo.

las geometrías no euclidianas y su aplicación a la relatividad, es una muestra de que Kant estaba equivocado al creer que la geometría euclidiana posee un carácter sintético *a priori*.

En 1915, en *The Philosophical Significance of the Principle of Relativity*, Schlick notó que aunque la teoría de la relatividad restringida no fuera contradictoria en sí misma, “puede todavía —en términos de Kant— estar en conflicto con nuestra intuición *a priori*, y podría entonces no tener validez para el mundo objetivo, porque lo último está sujeto a las leyes de nuestra intuición.” (Bonnet and de Calan 2009, p. 120)²⁸⁵

Por algo Schlick pretendió, en parte, hacer una separación entre conocimiento analítico y conocimiento intuitivo: “La distinción de Schlick entre conceptos e intuiciones se diferencia, como siempre, en que él se rehúsa del todo a aceptar la noción de conocimiento intuitivo. Eso fue, para él, una contradicción en los términos. Su distinción fue por tanto entre conocimiento y no conocimiento, preferentemente entre dos grados de conocimiento.” (Lewis Turner 1996, p. 293)²⁸⁶ En este sentido también su radical negativa a los juicios sintéticos *a priori*, y no sólo Schlick, sino del programa mismo del empirismo lógico; como menciona Thomas Uebel (2008):

Los empiristas lógicos trataron duramente con sus oponentes, desmintiendo lo más significativo de sus tesis: lo sintético *a priori* de Kant fue declarado vacío, habiendo sido refutado dos veces por el progreso de la ciencia en sí misma (una vez por el descubrimiento de las geometrías no euclidianas y otra vez por la teoría general de la relatividad, que muestra que la geometría euclidiana es falsa para representar el espacio físico), mientras las pretensiones del conocimiento para alguna salvación de la llamada intuición metafísica fuera refutada como ininteligible. (p. 79)²⁸⁷

²⁸⁵ “In 1915, in *The Philosophical Significance of the Principle of Relativity*, Schlick noticed that though restricted theory of relativity was not contradictory in itself, it ‘might yet —in Kant’s terms— be in conflict with our *a priori* intuition, and would then have no validity for the objective world, because the latter is subject to the laws of our intuition.”

²⁸⁶ “Schlick’s distinction between concepts and intuitions differs, however, in that he refused to accept the notion of intuitive knowledge at all. It was, for him, a contradiction in terms. His distinction was therefore between knowledge and not-knowledge, rather than between two grades of knowledge.”

²⁸⁷ “Logical empiricists dealt harshly with opponents, denying the very meaningfulness of their theses: Kant’s synthetic *a priori* was declared empty, having been refuted twice over by the progress of science itself (once by the discovery of non-Euclidean geometries and once by the general theory of relativity’s showing that Euclidean

Lo que el autor señala es precisamente parte de las pretensiones de los empiristas lógicos, en el sentido de fundamentar una filosofía científica, cuyo punto medular estaba enraizado en la lógica, y en concebir a la experiencia como un tipo de conocimiento autónomo, pero liberando al conocimiento científico de su apego a la intuición, en el sentido de Kant.

En el caso de Schlick, éste considera que en el ámbito de la ciencia, existen ciertos objetos (átomos, partículas, etc.), cuya constitución está libre de apelar a la intuición²⁸⁸: “El conocimiento y conceptualización no requieren de la experiencia (*Erleben*) o representación intuitiva (*Vorstellung*), pero solamente una relación de *coordinación* (*Zuordnung*) o *designación* (*Bezeichnung*) entre conceptos y objetos.” (Friedman 1999, p. 20)²⁸⁹ Con lo cual queda de nuevo señalado el concepto de “coordinación”, clave para entender la epistemología de Schlick.

Finalmente, podemos ver que el autor interpreta a la intuición, según él en el sentido de Kant, como “teniendo una determinada estructura objetiva”, es decir, que el marco espacio-temporal intuitivo tiene su efectiva aplicación en el marco de la física de Newton, donde la geometría euclidiana funge como la “estructura geométrica y objetiva” del espacio físico; siendo que a su vez, según el autor, dicho marco no es más que un ejemplo de una representación meramente subjetiva o psicológica, por lo que la postulación de Kant, en términos del carácter sintético *a priori* de nuestra intuición espacial euclidiana, deja de tener sentido en el marco de la relatividad, mostrando, dicha teoría, la inexistencia de lo sintético *a priori*. Lo que puede verse es que la interpretación del autor de la intuición pura *a priori*, no obedece a la manera en que la hemos entendido (ver capítulo II), a la vez de que, como ya señalamos: la geometría euclidiana, sólo resulta un “modelo de representación de la estructura del espacio físico”, y tal que la teoría kantiana del

geometry was false of physical space), while knowledge-claims for any deliverances of so-called metaphysical intuition were rejected as unintelligible.”

²⁸⁸ Cfr. “Moreover, as Schlick makes amply clear, relativity theory itself retains important elements of unobservable, theoretical structure.” (Friedman 1999, p. 23)

²⁸⁹ “Knowledge and conceptualization do not require experience (*Erleben*) or intuitive representation (*Vorstellung*), but only a relation of *coordination* (*Zuordnung*) or *designation* (*Bezeichnung*) between concepts and objects.”

espacio no depende de la validez de la geometría, al aplicarse al análisis del espacio físico.

Asimismo, para Schlick debemos distinguir entre experiencia y cognición, donde la primera “envuelve contenido”, y la segunda muchas veces relata “hechos” puramente formales o estructurales²⁹⁰, de aquí que los objetos de la física, por ejemplo, pueden ser concebidos como “construcciones lógicas de la experiencia”. Por lo que precisamente, el problema de la verdadera estructura geométrica del espacio físico resulta ser un asunto que habrá de decidirse por la experiencia, quedando relegada, de nuevo, según el autor, la idea kantiana de la estructura euclidiana, *a priori*, de nuestra intuición espacial²⁹¹. Como se ha señalado: el problema de la estructura espacial del espacio físico no es un problema de Kant.

Cabe señalar también que para Schlick, tomando como referencia el trabajo de Hilbert, en ciencia existen “definiciones implícitas” que bien pueden considerarse como “convenciones”, las cuales precisamente establecen “relaciones entre conceptos”, por lo que su “método de coincidencias”, por ejemplo, es el que permite establecer relaciones entre puntos espaciales, en una estructura geométrica, con el espacio físico.

Schlick procede aquí por lo que él ha llamado método de coincidencias –el cual es modelado, apropiadamente, por el uso de coordenadas espacio-temporales en la teoría general de la relatividad. Supóngase, por ejemplo, que quiero coordinar una particular geometría abstracta con la realidad física. No tengo inmediato conocimiento, acorde a Schlick, con el objetivo espacio físico, pero solamente con los subjetivos y psicológicos espacios característicos de varios de mis campos sensoriales –visual, táctil, y así. Podría suceder, como siempre, que note singularidades o coincidencias en un número de campos sensoriales (la coincidencia de un punto de mi pluma con mi dedo marcado en un espacio visual, por ejemplo, o una coincidencia paralela en el espacio táctil, cuando sienta que el punto de la pluma oprime contra mi dedo), y eso podría promover que suceda que tales singularidades o

²⁹⁰ Para una revisión completa de estas ideas puede verse *General Theory of Knowledge*.

²⁹¹ *Cfr.* “The space of the physicist, however, which we set up as objective in opposition to these subjective spaces, is a single definite one, and we think of it as independent of our sense impressions (but of course not independent of physical objects; on the contrary, it is only real in conjunction with them). It is not identical with any of the above spaces of intuition, for it has quite different properties.” (Schlick 1920, p. 77-8)

coincidencias, en un número de campos sensoriales en sí mismos coincidan en el tiempo, tal que uno ocurra cuando el otro lo hace (como en la visual y táctil coincidencia de un dedo y el punto de una pluma mencionada). Para representar tales relaciones entre diferentes espacios psicológicos podría entonces incrustarlos en un singular espacio conceptual abstracto, a través de diferentes singularidades o coincidencias en diferentes espacios sensoriales, tal que son todos mapeados sobre o coordinados con el mismo cuádruple conjunto de números reales, representando las coordenadas espacio-temporales de un objetivo evento físico. En esta forma, el espacio físico objetivo, primero se presenta como lo que podríamos llamar una proyección conceptual de varios espacios intuitivos o psicológicos; y lo que Schlick llama ostensivas o concretas definiciones, siembra inmediatamente objetos dados en uno o en otro campo sensorial, son de este modo embebidos con un sistema de definiciones implícitas. (Friedman 2007, p. 96-7)²⁹²

Precisamente, tanto por su epistemología, como por su concepción del realismo científico²⁹³, es que el “método de coincidencias” de Schlick posee ciertos rasgos mencionados en la cita. Ya que a su vez:

Nosotros encontramos que podemos arribar a la construcción del espacio y el tiempo físicos sólo por este método de coincidencias y no por otro proceso. La variedad espacio-tiempo es nada más y nada menos que la quintaesencia de elementos

²⁹² “Schlick here proceeds by what he calls the method of coincidences – which is modeled, appropriately, by the use of space-time coordinates in the general theory of relativity. Suppose, for example, that I want to coordinate a particular abstract geometry with physical reality. I have no immediate acquaintance, according to Schlick, with objective physical space but only with the subjective psychological spaces characteristic of my various sensory fields – visual, tactile, and so on. It may happen, however, that I notice singularities or coincidences in a number of sensory fields (the coincidence of the point of my pencil with my finger tip in visual space, for example, or a parallel coincidence in tactile space when I feel the point of the pencil pressed against my finger), and it may further happen that such singularities or coincidences in a number of sensory fields themselves coincide in time, such that one occurs only when the other does (as in the visual and tactile coincidences of finger and pencil point just mentioned). To represent such relationships between different psychological spaces I may then embed them systematically in a single abstract conceptual space, whereby different singularities or coincidences in different sensory spaces are all mapped onto or coordinated with the same quadruple of real numbers representing the space-time coordinates of an objective physical event. In this way, objective physical space first arises as what we might call a conceptual projection of the various intuitive or psychological spaces; and what Schlick calls concrete or ostensive definitions, picking out immediately given objects in one or another sensory field, are thereby embedded within a system of implicit definitions.”

²⁹³ Podría resultar un tanto ambiguo este punto, sin embargo, basta señalar el tipo de realismo propio del empirismo lógico, tal que concibe como verdadera toda proposición lógica que pueda ser susceptible de verificarse experimentalmente, adquiriendo la experiencia un carácter “activo” en la construcción del conocimiento científico.

objetivos definidos por este método. El hecho de que sea una variedad cuatridimensional se sigue de la experiencia en la aplicación del método en sí. (Schlick 1920, p. 82)²⁹⁴

En un cierto sentido, Schlick piensa que la relatividad de Einstein muestra precisamente la realización de su “método de coincidencias”, tal que a su vez, permite identificar una estrecha relación entre las “teorías de la física y la teoría del conocimiento”, ya que: “La física introduce, como su decisiva e indefinible concepción, la coincidencia de dos *eventos*; por un lado, el análisis psico-genético de la idea del espacio objetivo termina en la concepción de la coincidencia espacio-temporal de *dos elementos de percepción*.” (*Íbidem*, p. 83)²⁹⁵ Lo que Schlick desea resaltar es que las teorías de la física se configuran como una “red de concepciones y juicios”, tal que la *verdad* de dichos juicios sólo se obtiene por medio de los hechos, de la experiencia misma. Por algo: “Central... es la idea de que el conocimiento natural tiene dos diferentes elementos: una *forma*, la cual es en algún sentido conceptual o dependiente de la mente, y un *contenido*, el cual es contribuido por el mundo o la experiencia.” (Friedman 1983, p. 7)²⁹⁶ De aquí, de nuevo la oposición del autor a la idea kantiana de que existe un conocimiento sintético *a priori*, válido universalmente y para todo tiempo.

Para concluir, resaltemos los puntos más importantes de la “evaluación” de Schlick de la relatividad, frente a la epistemología kantiana.

²⁹⁴ “We find that we arrive at the construction of physical space and time by just this method of coincidences and by no other process. The space-time manifold is neither more nor less than the quintessence of objective elements as defined by this method. The fact of its being a four-dimensional manifold follows from experience in the application of the method itself.”

²⁹⁵ “Physics introduces, as its ultimate undefinable conception, the coincidence of two *events*; on the other hand, the psycho-genetic analysis of the idea of objective space ends in the conception of the space-time coincidence of two *elements of perception*.”

²⁹⁶ “Central... is the idea that natural knowledge has two different elements: a *form*, which is in some sense conceptual or mind-dependent, and a *content*, which is contributed by the world of experience.”

- (1) El rechazo de todo conocimiento sintético *a priori*, tal que, para el autor, es corroborado tanto por la llegada de las geometrías no euclidianas, como por la teoría de la relatividad²⁹⁷.
- (2) La identificación de cómo espacio, tiempo y materia juegan un rol distinto en la física relativista que en la de Newton, pues precisamente, el espacio y el tiempo en la primera, están referidos al comportamiento de los cuerpos.
- (3) La distinción epistemológica entre forma y contenido, tal que identifica a la experiencia como una “forma de conocimiento” que dota de contenido a las teorías de la física.
- (4) El “método de coincidencias”, y que permite coordinar y relacionar “signos” y conceptos con hechos de la realidad.

Con respecto al primer punto, que consideramos el más fundamental en la crítica de Schlick a Kant, lo primero que resaltamos es, de nuevo, el cómo entendió a Kant. Para Schlick, como lo hemos visto con otros autores, con respecto al espacio por ejemplo, interpreta que “la forma de nuestra intuición espacial, según Kant, es euclidiana”. Interpretación que deja de lado la caracterización que hemos hecho en el capítulo II, desde la lectura de la Exposición Metafísica, hasta la distinción entre intuición pura e intuición empírica, y cómo Kant recurre a uno u otro concepto para caracterizar su concepción de lo sintético *a priori*. Hablar de “intuición pura *a priori*”, implica entenderla como una “representación no estructurada”, un “orden de presentación”; a la vez de distinguir a la “intuición formal” (forma estructurada, en relación con cualquier geometría) e “intuición empírica”, que tiene que ver con la apelación a un dibujo o diagrama, y tal que está relacionada con la forma en que se llevaban a cabo las demostraciones en matemáticas en la época de Kant (ver Shabel (2011) y la sección II.4). La intuición pura es *a priori*, la intuición empírica es *a posteriori*, hay que entender a su vez por intuición formal del espacio, a la representación conceptualizada en una geometría. Por tanto, si bien es relevante la crítica de Schlick a esta parte de la obra de Kant, dicha crítica se sostiene

²⁹⁷ Cfr. “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 de considerarlo de antemano como frustrado, ya que ni siquiera ha sido capaz de penetrar en el planteamiento correcto del problema.” (Schlick 1921, p. 100)

únicamente si se deja de lado la caracterización que se ha hecho en el capítulo II, dado que el autor entendió a la intuición pura de Kant en términos de la intuición espacial euclidiana.

Además, la crítica de Schlick al “conocimiento intuitivo” resulta un tanto extraña, pues Kant nunca habló de un “conocimiento intuitivo”. Para el filósofo alemán, lo intuitivo es no conceptual, sólo es aquello que permite llevar a cabo “representaciones de objetos”, es decir, espacio y tiempo, en su carácter intuitivo, sólo corresponden al marco epistémico que permite constituir objetos, lo cual, por lo visto en el capítulo III, constituye un elemento de objetivación en toda teoría de la física.

Asimismo, el rechazo de Schlick de lo sintético *a priori* kantiano²⁹⁸, dados los resultados de la relatividad general, resulta una crítica viable, siempre y cuando, para empezar, sea cierto que las geometrías no euclidianas están libres de la intuición, lo cual no es del todo concluyente, pues como se ha visto (capítulo II): “la intuición espacial se encuentra en la base de toda geometría”, ya que hemos mostrado que la intuición es “una representación particular de algo general”, y la geometría euclidiana constituye el fundamento de posibilidad de las geometrías no euclidianas. Asimismo, en el capítulo II definimos a lo sintético *a priori* como: “aquel juicio cuyo *contenido* enlaza representaciones dadas a la sensibilidad, bajo las condiciones formales de espacio y tiempo y las categorías”, y dicho juicio, a su vez, implica salir del concepto dado para identificar una relación de éste con algo distinto de lo pensado en el concepto. Esto es, un juicio sintético *a priori* enlaza representaciones en intuición formal (espacio y tiempo en una representación estructurada, geométrica).

Con lo anterior, de entrada, podríamos preguntar, a pesar de Schlick: ¿existen juicios sintéticos *a priori* en relatividad? En el artículo de E. Adam titulado “Zur erkenntnistheoretischen Bedeutung des Relativitätsprinzips” (*Kantstudien* 50, 1958, pp. 405-8) 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.” (Cano de Pablo 2004, p. 174) A estas alturas se podrá decir

²⁹⁸ Schlick, como muchos intérpretes de la obra de Kant, entienden a lo sintético *a priori* sólo en un sentido universal y apodíctico. Como se podrá ver, dicha versión adquirió otros matices en manos de algunos pensadores como Reichenbach.

que tanto el principio de relatividad como el de la constancia de la velocidad de la luz, y el de covarianza, son “postulados de carácter empírico”, sin embargo, tanto por nuestra lectura como por la de algunos rasgos de la filosofía de Cassirer, puede verse que tales principios lo más seguro es que cumplan con los rasgos que hemos señalado sobre lo sintético *a priori*, pues poseen tanto un “carácter funcional” (a modo de Cassirer), esto es “*a priori*” en la teoría, como que coadyuvan a constituir experiencias en el marco de la relatividad.

Finalmente, lo sintético *a priori* de la relatividad se ve especificado en cómo se establecen condiciones de posibilidad de la experiencia, tal que se refieren a las condiciones de objetividad: marcos epistémicos, intuiciones y categorías, instrumentos de medida (ver capítulo III), y donde se postulan objetos, estableciendo juicios con contenido formal y empírico. La teoría de la relatividad presupone a la intuición y a la posibilidad de contener juicios sintéticos *a priori*, una vez que es considerada como “ontología de la experiencia”, a la vez de que, a la sazón de los positivistas lógicos, es una teoría empírica.

Con respecto al punto 3, la distinción entre forma y contenido, resulta una parte medular de la filosofía de Schlick, pues éste concibe a la “coordinación” como cognición, de aquí su “método de coincidencias”. Para Schlick los conceptos sólo poseen una función designativa, tal que al designar no precisamente se está constituyendo, sino que se corre el riesgo de presuponer una realidad ya formada (¿contra Kant?), de aquí el rol activo que le imprime a la experiencia, como elemento propio de la cognición. De esto último también el por qué Schlick considera que los juicios son correlacionados, una cosa es la forma, dada por los conceptos y el carácter formal, y otra es el contenido, el cual es dotado, y verificado por la experiencia. De esto último, se entiende el que precisamente los positivistas lógicos consideraron que la verdadera estructura del espacio físico sólo puede ser proporcionada por la experiencia, siendo la relatividad la teoría de la física que da una respuesta satisfactoria, echando por la borda ciertas ideas kantianas. Aunque por lo que hemos visto hasta aquí, esto último no puede sostenerse del todo.

IV.3.2 Carnap y la “geometría física”.

En mi tesis doctoral, *Der Raum*, traté de mostrar que las teorías contradictorias relativas a la naturaleza del espacio sostenidas por matemáticos, filósofos y físicos se debían a que estos autores trataban de cuestiones totalmente diferentes aunque empleasen el mismo término <<espacio>>. Distinguí tres significados de este término: espacio formal, espacio intuitivo y espacio físico.

Rudolf Carnap
Autobiografía intelectual.

El trabajo filosófico de Carnap resulta de suma importancia, no sólo para la <<filosofía de la geometría>>, sino para la lógica y la teoría de la ciencia, entre otras. En esta sección nos centraremos en parte de su obra, relativa a la naturaleza de la geometría, la relatividad y la epistemología kantiana.

Carnap comienza su trabajo filosófico analizando el problema del espacio en su tesis doctoral “Der Raum. Ein Beitrag zur Wissenschaftslehre”²⁹⁹ de 1922, la cual se inserta en una perspectiva meramente neokantiana (Coffa (2005)), y a su vez, puede considerarse un trabajo sobre filosofía de la geometría. Como bien menciona Thomas Mormann (2007): “*Raum* sienta la agenda para su trabajo filosófico en los años veintes, e incluso las ideas básicas de la teoría de la constitución (*Konstitutionstheorie*) del *Aufbau* pueden ser rastreadas de regreso a *Raum*.” (p. 43)³⁰⁰ Así, la tesis principal que Carnap desarrolla en esta obra es que las controversias sobre la naturaleza del espacio, llevadas a cabo por filósofos, matemáticos y físicos, radican en que cada uno de éstos entiende algo distinto por “Espacio”, de aquí que el autor distingue tres conceptos de espacio:

- Espacio formal (el de los matemáticos).
- Espacio intuitivo (el de los filósofos).

²⁹⁹ Las referencias a esta obra corresponderán a la traducción inglesa: *Space: A Contribution to the Theory of Science*, de Michael Friedman y Peter Heath, traducción inédita.

³⁰⁰ “‘Raum’ set the agenda for his philosophical work in the 1920s, and even the basic ideas of the constitution theory (*Konstitutionstheorie*) of *Aufbau* can be traced back to ‘Raum’.”

- Espacio físico (el de los físicos).

El espacio formal o matemático es aquel que es construido sobre la base de la teoría de clases y relaciones³⁰¹, y corresponde a un sistema de relaciones formales, abstractas, y tal que: “Carnap comienza por definir los conceptos lógicos fundamentales mediante los cuales se construirá un espacio formal. Lo primero que define son las nociones de concepto y de relación.” (Peláez-Cedrés 2008b, p. 31) Carnap lleva a cabo lo anterior basándose en los trabajos de Frege³⁰², pues éste desarrolla una teoría del concepto, entendido como función. Para Carnap, un concepto se ve “encarnado” en aquello que designa todo juicio: “Por ejemplo, del enunciado completo ‘ $2+3=5$ ’ formamos el enunciado incompleto ‘ $2+(\)=5$ ’, que designa el concepto como ‘aquello que sumado a 2 da como resultado 5’.” (*Ibidem*)

Ahora bien, el espacio intuitivo lo define Carnap en atención a la noción kantiana de espacio como intuición pura *a priori*, y a su vez, toma ciertos elementos de la idea de “esencias” de Husserl:

El concepto de espacio intuitivo en el sentido de Carnap combina elementos de la intuición kantiana y husserliana en una singular mezcla. Por un lado, el espacio intuitivo es una estructura cuya naturaleza particular no puede completamente especificarse. Puede solamente ser señalada por cierto contenido de experiencia, tales como formas y relaciones espaciales como puntos, segmentos de línea, elementos de superficie, etc.” (Mormann 2007, p. 46)³⁰³

Es decir, el espacio intuitivo se aplica sólo a regiones limitadas, y se caracteriza por axiomas de conexión, de congruencia y de orden. En este sentido, según Carnap, el espacio intuitivo es el que dota de “interpretación espacial” al espacio formal. Es sintético *a priori* sólo como condición puramente formal de la

³⁰¹ Constituye una estructura relacional, con un conjunto de axiomas y definiciones, a la sazón de como Hilbert definió un sistema axiomático en su obra: *Foundations of Geometry*, de 1899.

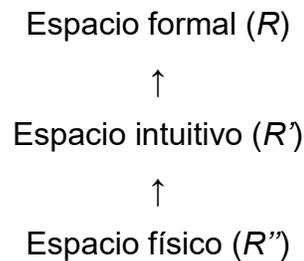
³⁰² Pueden consultarse los artículos “Función y concepto”, “Sobre concepto y objeto” y “¿Qué es una función?”, todos contenidos en *Ensayos de semántica y filosofía de la lógica* (1998).

³⁰³ “The concept of intuitive space in Carnap’s sense combines elements of Kantian and Husserlian intuition in a peculiar blend. On the one hand, intuitive space is a structure whose particular nature we cannot fully specify. It can only be pointed at by certain contents of experience such as spatial forms and relations like points, linear segments, surface elements, etc.”

experiencia, de aquí que: “Siguiendo a Husserl, Carnap mantiene que en el espacio intuitivo no estamos tratando con hechos en el sentido de realidad experiencial, pero preferentemente con la esencia (*eidós*) de ciertos datos, los cuales pueden ya ser captados en su naturaleza particular, siendo dados en una instancia singular.” (*Ibidem*)³⁰⁴

El último concepto de espacio, el espacio físico, es el constituido por los hechos dados en la experiencia, tales como la posición de un cuerpo, o la separación entre dos cuerpos. Es el espacio que experimentamos en nuestra relación con la naturaleza, a través de identificar relaciones espaciales entre objetos.

Finalmente, hay que señalar que desde el punto de vista de Carnap, estos tres espacios se encuentran relacionados mediante una “relación jerárquica” (ver Howard (1996)):



La relación jerárquica se establece siguiendo la manera en que cada espacio está separado de lo empírico:

A la cabeza encontramos el espacio formal, R , que comprende las formas o estructuras más generales, con nada necesariamente “espacial” acerca de éstas, lo cual nos llevaría entonces a encontrar más distintivamente instancias “espaciales” en intuición y en el espacio físico. Después viene el espacio intuitivo, R' , para el cual los objetos son ahora distintivamente espaciales, pero no con la característica particular de objetos empíricos concretos. En cambio, los objetos que no habitan el espacio intuitivo son como esas “esencias” de objetos presentadas en la intuición, cuya comprensión fue el acierto del programa de Husserl de

³⁰⁴ “Following Husserl, Carnap maintains that in intuitive space we are not dealing with facts in the sense of experimental reality, but rather with the essence (*eidós*) of certain data which can already be grasped in its particular nature by being given in a single instance.”

Wesenserchauung. Finalmente, tenemos, en el fondo, al espacio físico, R'' , el espacio de objetos empíricos ordinarios. (Howard 1996, p. 146)³⁰⁵

Cabe señalar que existe una “relación de especificación” entre el espacio formal y el intuitivo, ya que precisamente, según Carnap, el espacio intuitivo es el que dota de una “interpretación espacial” al espacio formal, y de aquí que la intuición espacial, a la manera de Kant, está referida sólo al espacio tridimensional euclidiano, y por tanto, existe una “relación de subordinación” entre el espacio intuitivo y el espacio físico, pues la respuesta a la cuestión: ¿cuál de los tres espacios constituye la condición de posibilidad de la experiencia?, no tiene por respuesta más que <<el espacio intuitivo>>.

De todo lo anterior, por tanto, si los matemáticos estudian el espacio formal; los filósofos el intuitivo; y los físicos el espacio físico; un problema surge cuando estos últimos, por ejemplo, tratan de determinar si el espacio físico posee una estructura euclidiana o no euclidiana, basándose en supuestos de si dicha estructura está definida por la métrica del espacio, y por ende, dado que no hay razones para afirmar (ver capítulo II) que la “intuición espacial es euclidiana y *a priori*”, de aquí, entre muchos otros, los debates y controversias de los positivistas lógicos para con la intuición espacial a la manera de Kant. La solución de Carnap a este tipo de controversias es que “sólo los hechos empíricos pueden enraizarse en aspectos topológicos, porque precisamente sólo lo topológico es determinado unívocamente.” Por algo lo que más adelante trataría en sus trabajos posteriores, y *ad hoc* con la postura del positivismo lógico: “lo sintético *a priori* no existe”, primordialmente tratado en varias partes de su obra *Fundamentación Lógica de la Física*, de 1969. Pues en la obra mencionada, Carnap trata el problema de la estructura del espacio en la tercera parte (capítulos XIII-XVIII), y tal que implícitamente atiende a problemas como “la

³⁰⁵ “At the top we find formal space, R , comprising the most general structures or forms, with nothing necessarily “spatial” about them, which will then find more distinctively “spatial” instantiations in intuition and physical space. Next comes intuitive space, R' , the objects of which are now distinctively spatial, but not with the particularity characteristic of concrete empirical objects. Instead, the objects inhabiting intuitive space are like those “essences” of objects presented in intuition whose comprehension was the goal of Husserl’s program of *Wesenserchauung*. Finally, we have physical space, R'' , at the bottom, the space of ordinary empirical objects.”

intuición espacial kantiana”, lo sintético *a priori* o la naturaleza de la geometría, a la vez de que introduce el concepto de <<geometría física>>.

Así, Carnap distingue entre geometría matemática, analítica y *a priori*, y geometría física, sintética y *a posteriori*. ¿Cómo podría entenderse este último concepto, fuera del marco epistémico de una teoría física como la relatividad?³⁰⁶

Ahora bien, tanto Carnap como los positivistas lógicos asumen que la geometría euclidiana es una <<geometría intuitiva>>, pues las mismas demostraciones de los axiomas de Euclides estaban basados en la intuición, ya que lo que podría decirse sobre los diagramas que acompañan a dichas demostraciones, es que son en sí mismos, un “llamado a la intuición”. Aunque: ¿a qué intuición se está refiriendo? Dada nuestra caracterización hecha en el capítulo II, podremos decir que simplemente se refiere a la intuición empírica. Lo interesante y a la vez “riesgoso” del análisis de Carnap, es que lleva a cabo una evaluación de los fundamentos de la geometría euclidiana, a la luz de los desarrollos de la lógica del siglo XIX: “La geometría requiere una lógica de las relaciones. Esta lógica no existía en la época a la cual nos estamos refiriendo.³⁰⁷ Después de creada, se revelaron las fallas lógicas de varias presuntas pruebas del axioma de las paralelas.” (Carnap 1965, p. 174) Y más adelante afirma el autor: “Hasta el siglo XIX, no pudo demostrarse, mediante una prueba lógica rigurosa, que el axioma de las paralelas es independiente de los otros axiomas de Euclides... Si el axioma de las paralelas es independiente de los otros axiomas de Euclides, entonces se le puede sustituir por un enunciado incompatible con él sin contradecir lógicamente los otros axiomas.” (*Ibidem*, p. 176) Lo que precisamente nos da pauta a entender que el desarrollo de las geometrías no euclidianas llegaría a ser un paso lógicamente consistente, aunque esto implicaría a su vez que: ¿las geometrías no euclidianas plantean un “genuino problema empírico”?

La cuestión anterior, si bien resulta sumamente importante, y se encuentra en la base de muchas de las reflexiones de los positivistas lógicos, adquiere, según Carnap, su total sustento con la llegada de la teoría de la relatividad, pues dicha

³⁰⁶ La respuesta a esta cuestión la daremos una vez revisadas las ideas de Carnap sobre la geometría y la relatividad.

³⁰⁷ La época de Kant.

teoría, como ya Schlick tuvo oportunidad de señalar, muestra que lo sintético *a priori* de la geometría, en el sentido de Kant, no tendría ningún sustento. Así, Carnap enfoca primero el problema desde una revisión de la idea de lo sintético *a priori* kantiano, en relación con la estructura del espacio físico.

Para Kant, según Carnap, existe un ámbito del conocimiento que es a la vez sintético y *a priori*: “Es sintético porque dice algo acerca del mundo, y es *a priori* porque se lo puede saber con certidumbre, de una manera que no requiere justificación por la experiencia. ¿Existe tal región?” (Carnap 1969, p. 241) Si bien, la mayoría de los intérpretes de Kant entienden lo sintético *a priori* en el sentido dado por Carnap, y tal que puede complementarse la idea kantiana como que <<los axiomas de la geometría nos dicen algo acerca del mundo>>. En atención a esto último, el autor ve un problema de fondo, pues como ya había hecho mención de los desarrollos en lógica y su relación con el axioma de las paralelas y las geometrías no euclidianas, sólo puede afirmarse que la geometría matemática es analítica y *a priori*, y aunque “diga algo del mundo” (para el caso de la geometría euclidiana), ésta no puede ser *a posteriori* como las leyes de las ciencias empíricas, que deben verificarse por la experiencia.

Como se ha visto en el capítulo II, Kant sólo estaba interesado en la aplicación de la matemática en las ciencias empíricas, además de que su idea de lo sintético *a priori* en geometría sólo tiene que ver con que una demostración se lleva a cabo apelando a un diagrama, y tal que va especificada una intuición empírica, la cual sólo es una representación singular de la intuición pura y *a priori*, por lo que el sentido de lo sintético *a priori* kantiano en geometría, tiene que ver con que hay un elemento *a priori* en geometría porque la geometría es un cuerpo de conocimientos evidente, apodíctico, pero a su vez, dicho conocimiento es sintético, porque sus proposiciones pueden “representarse” en un diagrama. Asimismo, lo sintético *a priori* de la geometría, en relación con una ciencia empírica como la física, sólo se ve “materializado” en términos de establecer condiciones para constituir objetos de experiencia, y tal que la geometría permite llevar a cabo una representación estructurada de fenómenos asociados a objetos. Además, por lo tratado en el capítulo anterior: la geometría euclidiana forma parte de las condiciones de

objetividad para constituir objetos, y su papel obedece al marco epistémico (framework) de la física newtoniana, análogamente al papel de las geometrías no euclidianas en el marco epistémico de la relatividad general. Por lo que hay juicios sintéticos *a priori* tanto en la física de Newton como en la relatividad, si se entiende por sintético *a priori* la caracterización que hemos hecho.

Volviendo a Carnap, lo sintético de la geometría (euclidiana, según el Kant de Carnap), radica en que <<dice algo del mundo>>, pero a la vez es *a priori*, <<porque no requiere justificación por la experiencia>>, es decir:

La geometría, pues, es absolutamente cierta, de una manera que no requiere justificación por la experiencia. No es necesario hacer puntos sobre una hoja de papel y trazar varias líneas para establecer el enunciado de que sólo habrá una línea recta que una dos puntos cualesquiera. Se lo justifica por la intuición, y si bien un teorema geométrico puede ser muy complicado y en modo alguno obvio, se lo puede justificar partiendo de los axiomas y recorriendo una serie de pasos lógicos que son también intuitivamente ciertos. En resumen, toda la geometría es *a priori*. (Carnap 1969, p. 242)

Para el autor, Kant pensaba que la geometría era el <<paradigma de la unión del conocimiento sintético y *a priori*>>, pero dado que la geometría sólo es intuitiva y *a priori*, y la verdad de sus teoremas se deriva lógicamente de los axiomas, ésta no es más que analítica y *a priori*. Por tanto, continúa: “Es fácil ver la fuente del error de Kant. Consistía en no darse cuenta de que hay dos tipos esencialmente diferentes de geometría: una matemática y otra física.” (*Íbidem*, p. 243) Analicemos en detalle esta última afirmación.

Si hay geometría matemática (digamos de carácter euclidiano), <<¿en términos kantianos es al mismo tiempo sintética y *a priori*?>>, recordemos que Kant habla propiamente de una geometría matemática, cuyo carácter es *a priori*. Y a su vez, atendiendo a Carnap, esta geometría: <<no dice nada acerca del mundo... sólo se ocupa de implicaciones lógicas de un conjunto de axiomas>>, lo cual es más que evidente, y asimismo: “La geometría física, por otra parte, se ocupa de la aplicación de la geometría pura al mundo. En ella, los términos de la geometría euclidiana

tienen su significado corriente.” (Carnap 1969, p. 244) Es decir, esta última se refiere al espacio físico, pero entonces: ¿en la geometría física se pueden establecer un conjunto de axiomas, y derivarse de éstos ciertos teoremas?, ¿cuál de las dos geometrías (de carácter euclidiano), es la que se aplica, por ejemplo, en la física de Newton? Finalmente, cuando se establecen condiciones para constituir objetos de experiencia, en relación con una teoría de la física, para nuestro caso, la física de Newton, ¿la geometría que se usa es la “geometría física euclidiana”?, de nuevo, ¿cuál es esta geometría?, ¿en qué sentido tendrían independencia sus postulados y axiomas fuera de dicha teoría física?

El punto que queremos resaltar aquí es que ideas como la anterior, en el contexto de los positivistas lógicos³⁰⁸, que en cierto sentido consideran fundamental, carecen de cierto sentido, porque sólo hay geometrías puras y *a priori*, ya sean euclidianas o no euclidianas, y su posible carácter sintético únicamente adquiere sustento en el ámbito de la o las teorías físicas (física newtoniana o relatividad) que recurran a éstas para establecer condiciones para constituir objetos de experiencia (ver capítulo III). Los juicios sintéticos *a priori* vinculados a cualquier geometría, están vinculados a su vez a la teoría de la física, pues ésta contiene elementos puros y *a priori* (geometría, cálculo, álgebra), y elementos propios del ámbito de la experiencia. Veamos el caso de la relatividad.

Carnap afirma (1969), casi al final de la parte dedicada al problema del espacio: “La geometría matemática es *a priori*, la geometría física es sintética. Ninguna geometría es ambas cosas al mismo tiempo. En realidad, si se acepta el empirismo, no hay conocimiento que sea *a priori* y sintético simultáneamente.” (p. 246) ¿Cuál es la geometría física no euclidiana? Carnap y los positivistas lógicos sólo tendrían una respuesta para dicha cuestión: <<la relatividad general>>, pero ésta es una teoría de la física, tal que sólo pueden establecerse postulados con sentido, y referidos a los fenómenos físicos, en atención a las características propias de las leyes a las que dicha teoría atiende; por ejemplo: el principio de covarianza, ¿éste tiene un carácter geométrico, y es un postulado de una tal geometría física?

³⁰⁸ Reichenbach (1973) también trata la idea de una “geometría física”, la cual la concibe como un “sistema que describe el mundo físico”, la cual no sería *a priori*, sino empírica..

Sólo hay geometrías no euclidianas, formales, puras y *a priori*; y asimismo, sólo hay una teoría de la física que recurre a dichas geometrías para dar cuenta de hechos, de fenómenos físicos. Siguiendo el esquema de Carnap, habría algo así como tres ámbitos, que involucran aspectos geométricos:

Geometrías no euclidianas (puras, <i>a priori</i>)	Geometrías físicas (sintéticas y ¿no euclidianas?)	Relatividad general (Ecuaciones de campo de Einstein)
--	---	--

El mismo Einstein, en su famoso artículo “Geometría y experiencia”, atendió a la diferencia entre geometría matemática y geometría física, y a su vez, afirma en “Geometría no euclídea y física”:

La geometría euclídea, y en general la geometría, mantiene, como antes, el carácter de ciencia matemática, cuando la deducción de sus teoremas a partir de sus axiomas queda reducida a pura lógica; pero se convierte en una ciencia física cuando los axiomas contienen afirmaciones sobre objetos naturales, acerca de cuya exactitud sólo la experiencia puede decidir.” (Einstein 2005, p. 202)

Y de nuevo, ¿tienen sentido dichas afirmaciones, a las que Einstein se refiere, fuera de una teoría física?, ¿son distintos, en forma y contenido, los axiomas y/o los postulados que se establezcan en tal “geometría física”, con los de una geometría matemática?, es decir: ¿hay algo así como una geometría del espacio físico, independiente de una geometría matemática? De nuevo: lo único que hay, y puede considerarse que define eso, es precisamente la relatividad general, pero ésta es una teoría física, no una “geometría física”, algo análogo a la física newtoniana frente a la geometría euclidiana. ¿Cuáles son, entonces, los cuerpos de conocimientos entendidos como “geometrías físicas” (de carácter euclidiano o no euclidiano)? Es decir, ¿el concepto de “geometría física” tiene fundamento fuera de una teoría física?

A pesar de que pueda señalarse algo contra Carnap, resultan sumamente importantes muchas de sus ideas en el ámbito de la filosofía de la geometría, sobre todo dado que el autor consideró que la condición de posibilidad para constituir

objetos de experiencia, la ofrecía el espacio intuitivo, y éste, como ya se ha hecho notar, entendido a la sazón de Kant, es un “orden de presentación”, que permite ordenar los particulares que se le presentan a la sensibilidad.

¿Cuál de los tres espacios es la condición de posibilidad de la experiencia externa? La respuesta parece obvia: el espacio intuitivo. En efecto, de acuerdo con Carnap, las relaciones espaciales que forman la condición de posibilidad de todo objeto de experiencia no pueden ser las del espacio físico, dado que éste no es independiente de los hechos de la experiencia pues presenta los resultados de la observación en su particularidad. Asimismo, la estructura relacional del espacio formal no puede ser la que buscamos dado su carácter puramente lógico, analítico. Por consiguiente, las determinaciones del espacio intuitivo, “en su independencia de la experiencia y en la validez general que obtiene en virtud de su fuente cognitiva [...] sólo puede tener esta validez constitutiva de la experiencia.” (Peláez-Cedrés 2008b, p. 55)

De la obra de 1922 a la comentada de 1969, Carnap muestra así, en obras separadas por décadas, su influencia kantiana, y tal que incluso está presente en uno de sus proyectos filosóficos más importantes: *La construcción lógica del mundo* (*Der Logische Aufbau der Welt*), de un tono meramente lógico-matemático, y tal que sienta las bases de una “teoría general de la constitución de la realidad”:

El objetivo de las presentes investigaciones es el de desarrollar un sistema lógico-epistemológico de los objetos o de los conceptos, llamado “sistema de constitución”. La expresión “*objeto*” se usará aquí siempre en el sentido más amplio de la palabra, es decir, para nombrar todo aquello acerca de lo cual se puede formar una proposición. De acuerdo con esto, a los objetos no sólo pertenecen las cosas, sino también sus propiedades, conexiones, clases, relaciones, estados y procesos, así como también lo real y lo irreal. (Carnap 1988, p. 3)

En esta obra vendría a la luz el concepto de “cuasianálisis”³⁰⁹: método de constitución de dominios de objetos, específicamente para la ciencia, y tal que opera mediante una relación simétrica y reflexiva, de semejanza. Así, este método:

- Produce una síntesis.
- Procede formando clases de elementos.
- Lleva a cabo una síntesis de experiencias.

Además, basta señalar que en dicha obra, Carnap concibe que constituir un objeto implica ubicarlo en una red formal, es decir, explicitar condiciones estrictamente lógicas, con lo que al constituir un objeto, éste será considerado real si:

- Es un constructo lógico.
- Es susceptible de integrarse en el sistema de objetos.

De aquí finalmente el por qué el rechazo de Carnap a toda apelación metafísica, idea llevada más allá en *La superación de la metafísica por medio del análisis lógico del lenguaje*, pues para el autor, resulta absurdo postular una realidad independiente y libre de consideraciones epistemológicas, por algo su raigambre kantiana, completamente explícita en el *Aufbau*, al considerar, con Kant, que los objetos son constituidos (ver el capítulo III).

Finalmente, como bien menciona Michael Friedman (1999): “En *Der logische Aufbau der Welt* Carnap inaugura una nueva disciplina filosófica que él llama “teoría de la constitución [*Konstitutionstheorie*]”, y presenta un particular “sistema de constitución [*Konstitutionssystem*]” en el cual ‘todos los conceptos científicos son reducidos a lo *dado*’ (§3).” (p. 114)³¹⁰ Lo cual lo lleva a tratar el problema, presente

³⁰⁹ Cfr. “El presupuesto para que el cuasi-análisis sea posible, es que se haga una descripción de la relación extensional, cuya relación R tenga las mismas propiedades formales generales, como sucede en la relación en que se basa el procedimiento del análisis genuino... Si R es igualmente simétrica y reflexiva, entonces podemos proceder como lo hicimos en el análisis genuino, es decir, como si R tuviera el significado de ser la concordancia con uno de los componentes.” (Carnap 1988, p.132-3)

³¹⁰ “In *Der logische Aufbau der Welt*, Carnap inaugurates a new philosophical discipline he calls “constitutional theory [*Konstitutionstheorie*]” and presents a particular “constitutional system [*Konstitutionssystem*]” in which “[all] scientific concepts are reduced to the *given*’ (§3).”

en otros positivistas lógicos, de la diferencia entre forma y contenido en el conocimiento, de aquí ciertas bases epistemológicas, pues a su vez, uno de los problemas fundamentales que surge es el “problema del mundo externo”, por algo el propugnar por una teoría de la constitución, con bases lógico-matemáticas; a diferencia de Kant, que da prioridad a lo que él llama “lógica trascendental”. Éstos y muchos otros son los problemas que trata Carnap no sólo en el *Aufbau*, sin embargo, rebasan por mucho los objetivos de la presente sección.

Hemos querido desarrollar una sucinta revisión de las ideas de Carnap en relación con los temas del presente capítulo: filosofía de la geometría, lo sintético *a priori*, la relatividad...; y tal que nos ha permitido identificar tanto su crítica a Kant (sobre todo en su negación de lo sintético *a priori* de la geometría), que para algunos intérpretes, resulta más kantiano de lo que la mayoría de los críticos han considerado; y su “evaluación” de la relatividad frente a su filosofía de la geometría, en donde hemos dado argumentos, sobre todo contra su idea de “geometría física”, los cuales nos han remitido a la lectura de la Estética Trascendental, llevada a cabo en el capítulo II.

Cabe mencionar que la obra de Carnap ha creado diversas controversias, sobre todo en cuanto a su interpretación y *crítica* de la epistemología kantiana, pues como ya se mencionó, dicho autor parece más cerca de Kant de lo que muchos intérpretes han considerado. Como menciona Thomas Mormann (2007): “Sin embargo, los problemas filosóficos una vez puestos por la geometría, han permanecido centrales en su agenda a lo largo de su filosofía. La filosofía de la geometría ha previsto los leitmotifs (“principios rectores”) de su filosofía en un claro sentido literal.” (p. 64)³¹¹

IV.3.3 Reichenbach, lo *a priori* como constitutivo de la experiencia.

And here we find our first result:
space and time are not *things* and
cannot be *perceived*, rather they are

³¹¹ “Nevertheless, the philosophical problems once put on his agenda by geometry remained central for his philosophy throughout. Philosophy of geometry thus provided the leitmotifs (“guiding principles”) of his philosophy in a quite literal sense.”

empty schemata through which
real things are ordered and only when
applied to real things do they
achieve any determination.

Hans Reichenbach
Defending Einstein.

La obra de Hans Reichenbach bien puede ubicarse en el contexto de los positivistas lógicos, a pesar de que no se consideró un miembro oficial. En este apartado nos centraremos alrededor de sus reflexiones en torno a la filosofía kantiana, frente a ciertas consecuencias filosóficas que la teoría de la relatividad trae a colación.

Reichenbach, como los positivistas lógicos, ve que los resultados de la teoría de la relatividad le presentan serios problemas a la filosofía kantiana, sobre todo en relación con los conceptos de espacio y tiempo, y su concepción de lo sintético *a priori*: “Reichenbach argumenta en *The Theory of Relativity and A Priori Knowledge*, primero, que Kant presupone la absoluta validez de la geometría euclidiana³¹² y, segundo, que la teoría general de la relatividad ha mostrado que esta geometría es inaplicable al espacio físico.” (de Boer 2010, p. 515)³¹³ Con lo cual estaría también declarando la no sinteticidad *a priori* de los axiomas de la geometría euclidiana. Así, Reichenbach comienza el capítulo V de dicha obra con la siguiente afirmación: “El concepto de Kant de un *a priori* tiene dos diferentes significados. En primer lugar, significa *necesariamente cierto* o *cierto para todo tiempo*, en segundo lugar, *constitutivo del concepto de objeto*.” (Reichenbach 1965, p. 48)³¹⁴ De tal forma que, el primer significado es precisamente el sentido ampliamente reconocido por los intérpretes de Kant³¹⁵, y el segundo³¹⁶, el autor lo fundamenta en relación con su idea

³¹² A tenor de esta problemática, ya hemos argumentado suficientemente que tal concepción (ver capítulo III), comúnmente aceptada por los intérpretes de Kant, no es del todo adecuada, sobre todo porque dichos intérpretes dejan de lado la obra *Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza*, en relación precisamente con cómo Kant entiende al espacio físico, y cómo puede identificarse que éste concibe la idea de “espacio absoluto”, como una “idea de la razón”.

³¹³ “Reichenbach argues in *The Theory of Relativity and A Priori Knowledge*, first, that Kant presupposed the absolute validity of Euclidean geometry and, second, that the general theory of relativity had shown this geometry to be inapplicable to physical space.”

³¹⁴ “Kant’s concept of *a priori* has two different meanings. First, it means ‘necessarily true’ or ‘true for all times’, and secondly, ‘constituting the concept of object.’”

³¹⁵ El sentido apodíctico, universal.

³¹⁶ Como menciona Thomas Ryckman (2005): “Reichenbach proposed to eliminate the meaning of the *a priori* as “valid for all time” while retaining that of *constitutive of the object*.” (p.32) Este significado fue interpretado por Michael Friedman (2008) en un sentido diacrónico, histórico: “In my recent book, *Dynamics of Reason* (2001), I

de “conocimiento como coordinación”³¹⁷, dado que desde el mismo Kant puede identificarse cómo el “objeto de experiencia” debe ser constituido mediante la “acción” conjunta de intuiciones y categorías, y tal que lo dado a la sensibilidad, no es inmediatamente constituido.

Reichenbach se adhiere a la idea de que los objetos dados a la percepción no son constituidos sin una coordinación con conceptos matemáticos:

La percepción no define la realidad, pero tal que una coordinación de conceptos matemáticos determina el elemento de realidad, el objeto real. Vimos, por tanto, que deben existir ciertos principios de coordinación³¹⁸ en orden de hacer a la coordinación única. Evidentemente, los principios deben ser tales que una clase que ellos determinan como conceptos coordinados, se combinen en estructuras y procesos; ellos en última instancia definen objetos reales y eventos reales. Podríamos llamarlos principios constitutivos de la experiencia. En el esquema de Kant son el espacio, el tiempo y las categorías. (*Ibidem*, p. 49)³¹⁹

De aquí que precisamente, el punto importante, según Reichenbach, es que Kant pudo encontrar que todo objeto de experiencia no es inmediatamente constituido, sino “mediado”, es decir, el objeto constituido es aquel para el cual, en dicha constitución, van implícitos elementos conceptuales, no contenidos en la pura

have taken up, and further developed, Reichenbach’s idea. But my implementation of this idea of relativized constitutively a priori principles (of geometry and mechanics) essentially depends on and historical argument describing the developmental process by which the transition from Newton to Einstein actually took place, as mediated, in my view, by the parallel developments in scientific philosophy involving Herman von Helmholtz, Ernst Mach, and Henri Poincaré.” (p.96)

³¹⁷ Esta idea la desarrolla ampliamente Reichenbach en el capítulo IV de la obra mencionada. Para el autor, coordinar implica un proceso cognitivo, de tal forma que precisamente puede entenderse el sentido de “coordinación como conocimiento”, dado que en la ciencia se coordinan ecuaciones matemáticas con percepciones.

³¹⁸ Reichenbach llama a estos principios “principios de orden”: (1) principio de probabilidad, éste ha de definir la manera en que ciertos valores pertenecen a una misma clase, por algo permite definir una constante física; (2) principio de genidentidad, permite conectar los conceptos físicos en secuencias, para poder identificar una secuencia temporal de un mismo objeto; (3) principio de tiempo y espacio, aquéllos que permiten indicar un determinado lugar en el espacio, por medio de establecer cuatro números, por ejemplo. Todos estos principios resultan ser constitutivos, y de una u otra forma, resultan ser análogos a los principios kantianos para constituir objetos.

³¹⁹ “Perception does not define reality, but that a coördination to mathematical concepts determines the element of reality, the real object. We saw, furthermore, that there must exist certain principles of coördination in orde to make the coördination unique. Indeed, the principles must be of such a kind that they determine how the coördinated concepts combine into structures and processes; they ultimately define real objects and real events. We may call them constitutive principles of experience. Kant’s schemata are space, time, and the categories.”

intuición. Llegados aquí, Reichenbach a su vez señala que “Solamente la coordinación del concepto define la cosa individual en el “continuo” de la realidad.” (*Ibidem*, p. 50)³²⁰ Lo que debe entenderse es que las sensaciones requieren ser coordinadas con relaciones conceptuales, de aquí que pueda garantizarse un criterio de certeza para las teorías científicas, pues “hay que separar entre la contribución subjetiva de la razón y la contribución objetiva dada por el mundo, en el ámbito de las teorías científicas”. Por tanto, para toda teoría científica, un criterio de certeza, de verdad, es tal que: “<<Verdad>> es para Reichenbach coincidencia entre lo que se predice y lo que se observa, y una teoría es verdadera si conduce continuamente a coordinaciones consistentes, esto es, cuando todas las cadenas de razonamiento conducen al mismo valor numérico para el mismo fenómeno.”³²¹ (Peláez-Cedrés 2008b, p. 129) Cabe señalar, a manera de complemento, que en Reichenbach existen dos sentidos de la filosofía kantiana que todavía pueden mantenerse, frente precisamente a los resultados de la relatividad³²²:

- (1) Toda teoría científica incorpora principios, los cuales constituyen ciertas posibilidades para constituir objetos. Dígase para el caso de la física de Newton: la estructura euclidiana del espacio y las tres leyes de Newton³²³; para el caso de la relatividad: el principio de la constancia de la velocidad de la luz, el principio de covarianza, la estructura espacial como el espacio de Minkowski o la variedad riemanniana cuatridimensional (espacios no euclidianos).

³²⁰ “Only the coördination of the concept defines the individual thing in the ‘continuum’ of reality.”

³²¹ De aquí la idea del “método de aproximaciones sucesivas”: “The “method” itself involves the meta-level application of a single coordination principle, that of “normal induction”, to *systems of coordinating principles as a whole*.” (Ryckman 2005, p. 33) Puede verse el capítulo VI de Reichenbach (1920/1965).

³²² *Cfr.* “Our view differs from Kant as follows: whereas in Kant’s philosophy only the determination of a *particular concept* is an infinite task, we contend *that even our concepts of the very object of knowledge, that is, of reality and the possibility of its description, can only gradually become more precise*. In the following chapter we shall try to show how the theory of relativity has shifted these concepts because it is a theory with different principles of coördination, and has, in fact, led to a new concept of object.” (Reichenbach 1920/1965, p. 88)

³²³ *Cfr.* “Thus, for example, in the context of Newtonian physics, Euclidean spatial geometry, Galilean kinematics, and, more generally, the structure of newtonian space-time all count as axioms of coordination and are thus a priori in the constitutive sense *relative* to this theory.” (Friedman 1999, p. 61)

- (2) Los principios, que constituyen un sistema conceptual, operan en la experiencia, determinando *a priori* el ámbito del conocimiento empírico, predicho por la teoría.

De todo esto, como ya se ha mencionado, para Reichenbach coordinar implica establecer una relación, y para el caso de las teorías científicas, la coordinación es entre un conjunto de ecuaciones matemáticas y una realidad indeterminada (sensaciones), de aquí que postule que los principios de coordinación definen elementos individuales de la realidad, y por tanto, constituyen objetos, en conjunción con los axiomas de conexión (mediante el “método de aproximaciones sucesivas”).

Remitiéndonos a los dos puntos anteriores, puede identificarse que en un cierto sentido, los argumentos de Reichenbach están en cierta concordancia con lo que hemos definido, en el capítulo III, como “ontología de la experiencia”, puesto que precisamente hemos señalado que en cada teoría se lleva a cabo una especie de “coordinación” entre diversos elementos, tanto teóricos como epistemológicos y materiales, en la constitución de un objeto de experiencia. Desde la visión del filósofo, como la <<verdad>> de la teoría, se alcanza en la <<continuidad consistente de las coordinaciones>>, en una “ontología de la experiencia”, lo que se está “coordinando” son los elementos que la conforman: elementos epistemológicos, frameworks e instrumentos de medida. Aunque como puede verse, desde la perspectiva de Reichenbach, éste deja de lado el papel de los instrumentos de medida. Sólo hemos señalado algunos aspectos de la obra del autor que llegan a estar en concordancia con lo que ya se ha desarrollado en éste y otros capítulos, pues cabe señalar también que el autor concibe, en un cierto sentido, a espacio y tiempo, a la vez de las categorías, como elementos constitutivos del objeto de experiencia, en el sentido de “axiomas de coordinación”.

Ahora bien, en Reichenbach hay también una distinción entre “axiomas de coordinación” (principios) y “axiomas de conexión”, éstos últimos son aquéllos propios del contenido conceptual de las teorías, a la vez de sus leyes empíricas. “Las ecuaciones de la gravitación de Einstein constituyen claramente axiomas de conexión. Estas ecuaciones en sí mismas presuponen los axiomas de la aritmética,

para las cuales, Reichenbach los toma que funcionan como principios de coordinación con respecto al dominio de la física.” (de Boer 2010, p. 516) A su vez, como bien menciona Michael Friedman (1999):

Acorde con Reichenbach, en el contexto de una teoría científica particular, hay una aguda y fundamental distinción esencial entre dos diferentes tipos de principios: *axiomas de coordinación* y *axiomas de conexión*. Axiomas de conexión son leyes empíricas en el usual sentido de que envuelve términos y conceptos que son ya suficientemente definidos. Los axiomas de coordinación, por otro lado, son principios no empíricos, que deben ser colocados como antecedente para asegurar, en primer lugar, lo empírico bien definido. (p. 61)³²⁴

Así, Reichenbach equipara los principios sintéticos *a priori* de Kant con los principios de coordinación, dado que éstos asignan determinado contenido conceptual al ámbito de la experiencia. Para nuestro caso, hemos mostrado, con la lectura de Kant llevada a cabo, que las categorías de substancia y causalidad, por ejemplo, poseen un carácter regulativo en términos cognitivos, pero asimismo, en el ámbito de las teorías, fungen como principios constitutivos, a la vez de que al vincularlos Kant con las leyes de Newton, éstos sólo, como principios, permiten la constitución de objetos de experiencia, además de formar parte de una “ontología de la experiencia”.

Por tanto, lo *a priori* posee un sentido constitutivo, en el ámbito de las teorías científicas. Por lo visto, hay cierta afinidad de nuestra lectura de Kant con las ideas de Reichenbach, a pesar de que tanto nuestra lectura, como la interpretación que el autor ha hecho de Kant, difieran en algunos puntos. A este tenor, el punto de desacuerdo estriba principalmente en la idea de lo sintético *a priori*. ¿Qué entiende Reichenbach por sintético *a priori* en sentido kantiano?

³²⁴ “According to Reichenbach, within the context of any particular given scientific theory there is a sharp and fundamental distinction between two essentially different types of principles: *axioms of coordination* and *axioms of connection*. Axioms of connection are empirical laws in the usual sense involving terms and concepts that are already sufficiently well defined. Axioms of coordination, on the other hand, are nonempirical principles that must be laid down antecedently to ensure such empirical well-definedness in the first place.”

En [B14-18], Kant distingue tres tipos de juicios sintéticos *a priori*, pertenecientes a tres distintas ciencias: 1) Juicios sintéticos *a priori* en matemática; 2) Juicios sintéticos *a priori* en la ciencia de la naturaleza (física); y 3) Juicios sintéticos *a priori* en metafísica. Hemos tratado suficientemente la naturaleza de los primeros (ver capítulos II); a la vez de que resulta evidente que en la física existen juicios sintéticos *a priori*, sea cual sea la teoría de que se trate (ver capítulo III y secciones anteriores); finalmente, los últimos no entran en los intereses de nuestro trabajo. Así, lo que es de nuestro interés, y que podría parecer un problema, tiene que ver con la posibilidad o no de que en geometría, sea euclidiana o no euclidiana, existan juicios sintéticos *a priori*, lo que fue el problema atacado por varios de los autores que hemos tratado a lo largo del capítulo, asimismo el autor de la presente sección. De todo esto, Reichenbach, al igual que los positivistas lógicos, refuta el hecho de que existan juicios sintéticos *a priori* en cualquier geometría, y a su vez, acepta la idea de una geometría matemática, analítica y *a priori*, y una geometría física³²⁵, sintética y *a posteriori* (Reichenbach 1951/1973), por lo que también para él, lo sintético *a priori* no existe:

Correspondió a Kant el mérito de haber subrayado más que otros la necesidad de dar una explicación para la coincidencia entre la geometría matemática y la física, y su teoría de los juicios sintéticos *a priori* debe considerarse como el gran esfuerzo de un filósofo para explicar esta coincidencia. Con el descubrimiento de una pluralidad de geometrías la situación cambió completamente. Al ofrecérsele al matemático una variedad de geometrías, surgió el problema de cuál de ellas era la del mundo físico. Y era natural que este problema no pudiera ser resuelto por la razón, sino por la observación empírica. (Reichenbach 1951/1973, p. 137-8)

Debemos ir por partes, primero, como hemos deseado mostrar a lo largo de la tesis, no es factible entender a Kant como que está postulando que la estructura del

³²⁵ Para Reichenbach (1973), una “geometría física” (sintética) se compone de: (1) Axiomas, los cuales requieren una interpretación; (2) Tal interpretación se lleva a cabo por medio de definiciones coordinadoras; (3) Se establecen juicios sobre objetos físicos. ¿Acaso no lo anterior sólo es posible si tal “geometría física” establece juicios en el marco de una teoría física?, es decir, la idea de una “geometría física” sólo tiene sustento dentro del marco epistémico de una teoría de la física, dígase mecánica newtoniana o relatividad.

espacio físico es euclidiana, hemos dado razones para ello a lo largo de los capítulos anteriores y el presente; además, con los trabajos de Helmholtz y Poincaré, ¿realmente es un problema el saber cuál es la geometría verdadera del espacio físico?, ¿es importante resolver el problema de si existen o no juicios sintéticos *a priori* en cualquier geometría? Cada teoría de la física, mecánica newtoniana, relatividad, etc., está sustentada en una geometría específica, cuyo carácter es analítico, *a priori*³²⁶; y a su vez, cada teoría posee su propio “poder explicativo”, es decir, da cuenta de ciertos fenómenos, y si bien, puede considerarse que una teoría como la relatividad es más general que la física newtoniana, cada una de éstas posee su propia congruencia interna, su ámbito de validez, y como es sabido: la física newtoniana es un caso límite de la relatividad.

Así, podríamos simplemente, por ejemplo, plantarnos en una postura convencionalista, como afirmando que << puede usarse cualquier sistema geométrico para describir el mundo >>, y aún así, como el mismo Reichenbach menciona: “El sistema geométrico por sí sólo no describe la estructura completamente. La descripción será completa sólo en el caso de que incluya un juicio sobre el comportamiento de los cuerpos sólidos y los rayos de luz.” (*Ibidem*, p. 142) Y esto último llega a hacerse únicamente en el contexto de alguna teoría de la física, y de nuevo: ¿qué es una geometría física?, ¿cuál es el sistema axiomático propio de dicha geometría?, ¿no acaso, al hablar de geometría física sólo estamos refiriéndonos a una geometría usada en una determinada teoría física? Hemos dado argumentos en relación con tales cuestiones en la sección anterior.

Ahora bien, dado que Reichenbach y los positivistas lógicos, entendieron que << el problema de la geometría del espacio físico es un problema empírico >>, de principio, ese no fue un problema de Kant, pues como hemos visto (capítulo II), lo que realmente le interesaba a Kant eran las posibilidades sintéticas de la matemática, en el contexto de las ciencias de la naturaleza, por lo que lo sintético *a priori*, en sentido kantiano, y en el ámbito de la geometría, sólo está referido a dichas posibilidades; y lo que Kant entendía por sintético *a priori* en geometría, estaba vinculado a cómo se llevaban a cabo las demostraciones en su tiempo, que apelaban

³²⁶ Ver el capítulo II, para una aclaración del sentido de lo sintético *a priori* en términos kantianos.

a un dibujo. Además, para nada Kant estableció el problema de una geometría sintética, a la sazón de las investigaciones de Gauss o Helmholtz.

Asimismo, existen muchos problemas tratados por Reichenbach, en relación con las consecuencias filosóficas de la relatividad³²⁷. Como el problema de la métrica del espaciotiempo, la cual consideró no un aspecto convencional a la Poincaré, sino como una “propiedad objetiva del mundo”. Sin embargo, ha habido diversos estudios³²⁸ que han podido mostrar cómo el autor fue inclinándose por una postura más convencionalista, hasta llegar a su obra fundamental: *The Philosophy of Space and Time*, un trabajo en gran parte enfocado al estudio de la naturaleza de la geometría en el ámbito de la física, y asimismo, un estudio sobre la naturaleza del espacio, el tiempo y el espaciotiempo, y sobre ciertos problemas lógicos y epistemológicos de la geometría, en relación con la teoría de la relatividad. Como dijera Carnap en el prefacio de la obra: “La primera comprensiva y sistemática representación de éstas concepciones fue dada por Reichenbach en 1928 en su *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*... A mi juicio es todavía el mejor libro en el campo.” Por lo cual, muchos de estos problemas tratados por Reichenbach en dicha obra, son más generales que los del presente capítulo, basta mencionar las palabras del autor: “No es mi intención, en el presente libro, dar un análisis crítico de la filosofía de Kant... El autor ha presentado su propia visión de este problema en otra publicación³²⁹; la presente investigación está dirigida a una clarificación filosófica, y no le preocuparán en sí las preguntas históricas.” (Reichenbach 1928/1958, p. 31)³³⁰ Por tanto, los alcances de dicha obra están más en relación con las reflexiones que se habrán de desarrollar en el capítulo V, pues conciernen al problema sobre la naturaleza del espacio, el tiempo y el espaciotiempo, a la vez de la posibilidad de un realismo sobre el espaciotiempo.

³²⁷ A este tenor puede consultarse el texto *Defending Einstein*, una colección de ensayos publicados póstumamente, en especial el artículo “Philosophical Significance of the Theory of Relativity”, donde el autor concluye, entre otras cosas, que la teoría de la relatividad “es puramente física, o en cierto extremo de la teoría, puramente matemática”.

³²⁸ Coffa (2005), Friedman (1999), Ryckman (2005).

³²⁹ Se refiere al texto *The Theory of Relativity and A Priori Knowledge*.

³³⁰ “It is not my intention to give a critical analysis of Kant’s philosophy in the present book... The autor has presented his own views on this problem in another publication; the present investigation is aimed at philosophical clarification and will not concern itself with historical questions.”

En el presente capítulo sólo hemos pretendido traer a colación los puntos más importantes de las ideas de Reichenbach sobre la filosofía kantiana, en conjunción con diversos aspectos que la relatividad le presenta.

Finalmente, basta señalar que Reichenbach desarrolló un “sistema axiomático de la relatividad” en su obra: *Axiomatization of the Theory of Relativity*, donde pone en marcha su “método de análisis lógico”, tal que expone una estructura lógica para la teoría de la relatividad especial, y tal que distingue entre definiciones y elementos empíricos³³¹. Además, llevó a cabo una interesante polémica con Schlick³³², a lo largo de la década de 1920, tal que discutieron sobre ciertos conceptos como el de “coordinación” o el “convencionalismo”, lo que precisamente lo llevaría a adoptar esta última postura en su obra sobre la filosofía del espacio y el tiempo.

Como ya se mencionó líneas arriba, sólo se ha pretendido desarrollar algunas ideas del autor en relación con la filosofía kantiana, y el impacto sobre ésta a partir de la teoría de la relatividad, identificando cómo dichas reflexiones se ubican fielmente en el tipo de reflexiones llevadas a cabo por los positivistas lógicos, a la vez de discutir sobre la pertinencia o no de éstas, frente a la lectura de Kant que hemos llevado a cabo. Lo que pudo darnos noción de que ciertas ideas del autor están en concordancia con las propias, sobre todo lo relacionado con lo *a priori* constitutivo y los aspectos de la coordinación en las teorías de la física.

IV.4 Recapitulación.

En términos generales, existe toda una tradición filosófica³³³ enfocada a tratar diversos problemas relacionados con la naturaleza de la geometría, y asimismo, la naturaleza del espacio y el tiempo; cabe señalar que tales problemas fueron tratados por Kant desde una perspectiva epistemológica. Sin embargo, como pudimos ver, muchos de los autores de dicha tradición (Helmholtz, Poincaré, los positivistas lógicos...), concibieron que los avances en lógica, matemática y física, le

³³¹ Para ciertos detalles sobre esta obra puede verse Ryckman (2005).

³³² Michael Friedman lleva a cabo un interesante y sustancioso análisis de dicha polémica en su artículo “Geometry, Convention, and the Relativized A Priori: Reichenbach, Schlick, and Carnap”, contenido en su (1999).

³³³ Puede verse Coffa (1991), Peláez-Cedrés (2008a), entre otros.

presentaban serios problemas a Kant, basándose sobre todo en aspectos de la lógica.

En este capítulo llevamos a cabo una sucinta revisión de las principales ideas de algunos autores de la tradición mencionada. De todo lo anterior, en general, podemos concluir que:

- Para el caso de algunos autores tratados: Hemholtz, Poincaré, Schlick, Carnap. La mayoría de éstos se opuso sobre todo a la idea kantiana de lo sintético *a priori* en geometría. Si bien, el mismo Kant aceptaba la idea de que la matemática pura es analítica y *a priori* (ver capítulo II), su idea de lo sintético *a priori* en geometría está vinculada a la manera en cómo se llevaban a cabo las demostraciones en su tiempo, que apelaban a un dibujo, a un diagrama, esto último también mostrado en el capítulo II. Asimismo, frente a la interpretación de los autores, hemos aclarado que lo sintético de cualquier geometría sólo estriba en sus posibilidades de ser aplicada al análisis del espacio físico, en el contexto de alguna teoría física. De aquí que ciertas críticas de dichos autores, estaban basadas en una forma característica de entender a Kant, sobre todo en lo referente a su filosofía de la matemática, y su concepción de intuición pura. Todos consideraron que Kant estaba postulando que “la forma de la intuición pura corresponde a una estructura euclidiana”, haciendo depender su teoría de la idealidad y subjetividad, base de la concepción kantiana del espacio, de la validez o no de la geometría, al aplicarse al análisis del espacio físico.
- Los trabajos de Helmholtz han dado luz sobre la posibilidad de analizar el carácter empírico de la geometría, a pesar de la manera en que entendió a Kant. Cabe recordar que es preciso distinguir entre el espacio y el tiempo como condiciones subjetivas, cómo “órdenes de presentación”, a la vez de su idealidad; y el espacio y el tiempo considerados como entidades físicas. Muchos de los autores tratados no tomaron en cuenta dicha distinción, por algo vieron que la teoría de la relatividad “echaba por la borda las concepciones kantianas”. Aun así, algunos de éstos pudieron encontrar una

“vía kantiana” para saldar las problemáticas, como es el caso de Cassirer o el mismo Reichenbach, no así el caso de Schlick.

- Helmholtz creyó haber demostrado la no necesidad sintética de la geometría euclidiana. Sus investigaciones estaban relacionadas tanto con aspectos empíricos como con la posibilidad de representación de las geometrías no euclidianas. Asimismo, anticipó la idea de que puede verse al espacio como un “objeto de medida”, de ahí su conclusión de que no existe una necesidad apodíctica de la estructura euclidiana del espacio, y su refutación de Kant. Ya se ha mencionado que el autor entendió a Kant en términos de que la “estructura de la intuición espacial es euclidiana”, lo cual no concuerda con nuestra interpretación, a la vez de que la interpretación de Kant, que lleva a cabo el autor resulta un tanto parca y reduccionista.
- Para Poincaré, nuestra representación del movimiento de los objetos en el espacio no se realiza en el espacio geométrico, sino más bien, “razonamos” sobre éstos como situados en dicho espacio. Con esto, el autor concluye que la noción de espacio no puede ser algo pre-existente. Por algo, Poincaré entiende a Kant en términos de que “la intuición espacial es euclidiana”, y por lo que hemos desarrollado en el capítulo II, difícilmente podríamos aceptar el “Kant de Poincaré” en este punto.
- A la sazón del convencionalismo en geometría de Poincaré, en cuanto a que por convención se debe decidir entre una u otra geometría para el análisis del espacio físico, consideramos que la aplicación de una u otra geometría no es un asunto de convención, sino del contenido epistémico de una teoría, y tal que permita establecer condiciones para constituir objetos.
- Cassirer consideró que la relatividad le da sustento a la epistemología kantiana, al concebir al espacio y al tiempo como “funciones de objetivación”, al tener éstos un sentido tanto psicológico como trascendental.
- Para Cassirer, hay una “función de espacialidad” en cada teoría física, por lo que la variedad espaciotiempo de la relatividad debe verse más como una prioridad lógica que como una prioridad física. Finalmente, el autor considera que en toda teoría física existen elementos *a priori*, tal que: (1) es relativo y

dinámico (en relación con los sistemas teóricos cambiantes en el tiempo, las teorías); y (2) es constituyente de la experiencia y válido para todo tiempo y lugar (condiciones de posibilidad de aplicación de los sistemas teóricos). Esto es, lo *a priori* es un elemento que está contenido en todo juicio sobre hechos.

- Para positivistas lógicos como Schlick, espacio y tiempo juegan un rol distinto en relatividad, del que jugaban en la física de Newton. En la primera se usan con referencia a los objetos, en la segunda sin referencia a éstos. Por algo, el autor considera que espacio y tiempo son reales porque son medibles, lo cual, según él, es mostrado por la relatividad.
- Schlick acuña el concepto de “coordinación”, como una función del pensamiento, que coordina principios con hechos. En este sentido, no existen los juicios sintéticos *a priori*, porque los juicios o son *a priori* o *a posteriori*. Por algo su rechazo de Kant, en relación con lo sintético *a priori*. Aunque el principal error de Schlick estriba en haber interpretado la intuición, en el sentido de Kant, como “teniendo una determinada estructura objetiva”, lo que le añadiría el carácter de concepto empírico. Una intuición, en sentido kantiano, es no discursiva, es decir, no conceptual (ver capítulo II).
- Carnap distingue tres tipos de espacio: intuitivo, matemático y físico. Para el autor, sólo existen: una geometría matemática, analítica y *a priori*; y una geometría física, sintética y *a posteriori*. En este último sentido, dimos argumentos en contra, ya que sólo puede hablarse de una “geometría física” en el contexto de una teoría física. Las geometrías (euclidianas o no euclidianas) “no dicen algo del mundo”; lo que “dice algo del mundo” es la teoría física que recurre a alguna geometría para dar cuenta de fenómenos y constituir objetos. Con la llegada de la relatividad, no surge algo así como una “geometría física”, lo que surge es una teoría que fundamenta su contenido en relación con las geometrías no euclidianas, con lo cual no puede considerarse que se refuta a Kant.
- Reichenbach permite identificar dos sentidos de lo *a priori* en Kant: (1) Universal y válido para todo tiempo; y (2) Constitutivo del objeto de experiencia. Asimismo, el autor considera que los objetos son constituidos en

las teorías mediante una coordinación entre elementos conceptuales y lo dado en la intuición. Lo anterior está en cierta concordancia con el concepto de “ontología de la experiencia”, que acuñamos en el capítulo III, sólo que, como pudo verse, Reichenbach deja de lado el papel de los instrumentos de medida.

- Para Reichenbach: (1) Toda teoría científica incorpora principios, los cuales constituyen ciertas posibilidades para constituir objetos. Por ejemplo, para el caso de la física de Newton: la estructura euclidiana del espacio y las tres leyes de Newton; para el caso de la relatividad: el principio de la constancia de la velocidad de la luz, el principio de covarianza, la estructura espacial como el espacio de Minkowski o la variedad riemanniana cuatridimensional (espacios no euclidianos); (2) Los principios, que constituyen un sistema conceptual, operan en la experiencia, determinando *a priori* el ámbito del conocimiento empírico, predicho por la teoría.
- Dado el punto anterior, pudimos identificar cómo algunos de nuestros argumentos, sobre todo del capítulo III, están en concordancia con las ideas de Reichenbach, y que autores como Michael Friedman (2010) retomarían.

Capítulo V: El realismo sobre el espaciotiempo. Bases para un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo.

The clean way of expressing Einstein's discovery
is to say that there are no space and time:
there are only dynamical objects.
The world is made by dynamical fields.
These do not live in, or on, spacetime:
they form and exhaust reality.

Carlo Rovelli
"The Disappearance of Space and Time"

V.1. Introducción.

En este capítulo, llevamos a cabo una revisión sobre lo que aquí llamaremos: "el problema ontológico sobre el espacio y el tiempo", esto es, la pregunta acerca de si el espacio y el tiempo son entes del mundo. Por algo, el hilo conductor del capítulo gira en torno de la cuestión: ¿la Teoría de la Relatividad General (TRG) es la teoría que da cuenta de dicho problema ontológico? Dada la posible respuesta, estaremos en condiciones de identificar si en tal contexto, las ideas de Kant todavía tienen cabida, lo que nos conducirá al problema del realismo sobre el espacio y el tiempo, que aquí configuraremos en términos de un "pluralismo ontológico".

Así, en la Sección V.2 trataremos los aspectos conceptuales de la TRG. En la sección V.3 sus consecuencias filosóficas, y mostraremos que, aun suponiendo que es la teoría que mejor describe el espaciotiempo, no queda resuelto el problema de la naturaleza del espacio y el tiempo. En efecto, como se verá en la sección V.4, la disputa entre substancialistas y relacionistas pone de manifiesto que, sobre un mismo formalismo, coexisten diferentes interpretaciones ontológicas de las nociones de espacio y de tiempo, derivadas de la TRG.

Sobre la base de lo discutido en las secciones anteriores, en la Sección V.5 nos centraremos alrededor de una cuestión: si el mundo fuera tal como la relatividad general afirma, e incluso dejando de lado la indeterminación ontológica señalada en la sección anterior, ¿habría lugar para sostener una postura kantiana? En este sentido, una lectura pluralista de las propuestas de Kant (ver Lombardi y Pérez-

Ransanz (2012)) permite adoptar un pluralismo ontológico sobre el espacio y el tiempo, según el cual, si bien, puede que el espacio y el tiempo no sean entes del mundo, el sujeto cognoscente tiene la capacidad de representarse los objetos espacial y temporalmente de diferentes maneras, cada una de éstas fecunda en distintos contextos y para diferentes propósitos pragmáticos. Esto es, daremos las bases de lo que aquí llamamos: “un pluralismo ontológico sobre el espacio y el tiempo”.

V.2 Conceptos básicos de la teoría de la relatividad general (TRG).

Space tells matter how to move.
Matter tells space how to curve.

Charles W. Misner, Kip S. Thorne, and
John Archibald Wheeler
Gravitation.

¿Son el espacio y el tiempo ideales, a la manera de Kant, o son independientes de la mente, es decir, parte del “mobiliario” del mundo? Para la mayoría de los físicos, quizá esta cuestión está más que resuelta, y la teoría de la relatividad general (TRG) ha dado una respuesta afirmativa a la segunda parte de la cuestión; sin embargo, no puede afirmarse completamente que dicha respuesta esté por demás libre de controversias, más cuando la misma teoría, y sus aplicaciones a problemas, por ejemplo en cosmología, dejan abierta la posibilidad de que el espacio y el tiempo sean más que “parámetros de la teoría”, y que lo relacionado con su existencia, definida en términos de la entidad espaciotiempo³³⁴, está lejos de ser demostrada.

En esta sección trataremos únicamente los aspectos conceptuales de la TRG. Como bien menciona Tim Maudlin (2014): “La relatividad general se desarrolló como una teoría de la gravedad que incorpora la explicación cualitativa de la estructura del espacio-tiempo que se encuentra en la relatividad especial.” (p. 198) Así, la TRG es considerada la mejor teoría sobre el espacio y el tiempo, y constituye la base de la cosmología moderna. En términos generales, se cree que dicha teoría ha contribuido

³³⁴ Nuestro tratamiento va dirigido a identificar, en el marco de la TRG, lo que pueda decirse sobre el espacio y el tiempo, como consecuencia del análisis de las consecuencias filosóficas sobre la entidad espaciotiempo.

a configurar una idea precisa sobre lo que son el espacio y el tiempo físicos, en términos de la entidad espaciotiempo.

Existe una manera clásica de presentar el bagaje teórico de la teoría, en términos de las ecuaciones de campo³³⁵, sin precisamente deducirlas. En esta sección sólo pretendemos exponer el bagaje conceptual básico de dichas ecuaciones de campo, a la par de los principios y conceptos fundamentales de la TRG.

Como podemos ver en la mayoría de los textos sobre relatividad general (ver por ejemplo Misner *et. al* (1973)), esta teoría corresponde a una generalización de la relatividad especial (ver Einstein (1905a), Minkowski (1909)), tal que no sólo es válida para sistemas inerciales, sino a su vez, para sistemas acelerados, a la vez de que introduce la idea de un espaciotiempo curvo.

Así, la TRG está fundamentalmente basada en los siguientes principios³³⁶:

- (1) El espaciotiempo corresponde a una variedad riemanniana (M) ³³⁷ de dimensión 4, esto es, una “variedad diferencial”³³⁸, cuya métrica, en forma general, se expresa por $ds^2 = \sum_{\mu, \nu=0}^3 g_{\mu\nu} dx_\mu dx_\nu$. En dicha variedad está definida localmente una métrica lorentziana (la de la relatividad especial).
- (2) *Principio de equivalencia débil*. “El movimiento de un cuerpo en caída libre, en un sistema inercial, es independiente de la forma y composición del cuerpo.” Sólo en sistemas localmente inerciales (como en los de la relatividad especial), por ejemplo los de caída libre, se cumplen las leyes de la física referidas a dichas fuerzas.

³³⁵ Las ecuaciones de campo de Einstein son una generalización de la ecuación de Poisson. Hay otras formas de derivarlas, por ejemplo mediante el principio de mínima acción, tomando un Lagrangiano específico; e incluso, pueden presentarse en términos de los test sobre la caída libre de los cuerpos, a como lo hace John C. Baez en su artículo “The Meaning of Einstein’s Equation”.

³³⁶ De manera análoga, la relatividad especial se sustenta en dos principios: “1) la equivalencia de todos los marcos inerciales y; 2) la constancia de la velocidad de la luz. Sobre la base de estos dos principios es posible derivar las *transformaciones de Lorentz*, un conjunto de ecuaciones que relacionan un conjunto de coordenadas con otro conjunto de coordenadas.” (Maudlin 2014, p.115)

³³⁷ En términos generales, una variedad riemanniana corresponde a una generalización del espacio euclidiano, en la cual, por ejemplo, se generaliza la métrica. A su vez, corresponde a una variedad diferenciable.

³³⁸ Una variedad diferenciable es una variedad topológica (variedad de Riemann) tal que pueden extenderse sobre ésta, las nociones del cálculo diferencial, ya definidas en espacios euclidianos. En la variedad diferenciable pueden definirse, por ejemplo, funciones diferenciables, a la vez de campos de tensores diferenciables.

Principio de equivalencia fuerte. En presencia de un campo gravitacional, las propiedades de un sistema no inercial son las mismas que las de un sistema inercial; es decir, las leyes referidas al último deben ser las mismas en el primero. La aceleración gravitacional depende únicamente del campo gravitacional, por algo, en la presencia de dichos campos, un cuerpo describe una geodésica, es decir, un campo gravitacional curva al espaciotiempo³³⁹, y de ahí la trayectoria que describe el cuerpo.

(3) *Principio de covarianza.* Las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia, ya sea inerciales o en presencia de gravedad. Todos los sistemas de referencia son indistinguibles y equivalentes.

Una vez que se está familiarizado con tales principios básicos, y se acepta que el espaciotiempo de la TRG es un “espacio curvo” (con tres dimensiones para el espacio, y una para el tiempo), podremos remitirnos a las ecuaciones de campo³⁴⁰, las cuales corresponden a un conjunto de diez ecuaciones en derivadas parciales no lineales, que en términos generales describen la gravedad como el resultado de la curvatura del espaciotiempo debido a la presencia de materia y energía, o del campo gravitacional. Cabe señalar que para trabajar con dichas ecuaciones, tal como las derivó Einstein, se requieren conceptos básicos de geometría diferencial; sin embargo, la revisión de tales conceptos rebasa los alcances de la presente tesis, pues sólo nos interesa especificar el bagaje conceptual de la teoría. Así, las ecuaciones de campo³⁴¹ —que relacionan la “geometría del espaciotiempo” del lado izquierdo, con la materia y energía del lado derecho—, son, en forma compacta:

$$R_{\mu\nu} - (1/2)g_{\mu\nu}R = (8\pi G/c^4)T_{\mu\nu}.$$

³³⁹ Algunos autores presentan esta parte de la teoría en términos de que “la presencia de materia-energía constriñe la estructura del espaciotiempo, por algo éste se curva”.

³⁴⁰ Existe una versión de las ecuaciones de campo que involucra lo que se conoce como “constante cosmológica”, sin embargo, independientemente de que si se considera dicha versión de las ecuaciones de campo, y las predicciones observables pueden cambiar, esto no afecta a la condición de objetividad, a la manera en que se llega a constituir un objeto, al tomar como marco teórico dicha versión de las ecuaciones de campo.

³⁴¹ En la versión de las ecuaciones de campo que involucra lo que se conoce como “constante cosmológica”: Λ , en el lado izquierdo de las ecuaciones de campo, se suma el término: $\Lambda g_{\mu\nu}$. La constante cosmológica fue incluida por Einstein, con la finalidad de obtener una solución de las ecuaciones de campo que diera un universo estático.

$R_{\mu\nu}$: Tensor de Ricci.

$g_{\mu\nu}$: Tensor métrico ($ds^2 = \sum_{\mu, \nu=0}^3 g_{\mu\nu} dx_\mu dx_\nu$).

$T_{\mu\nu}$: Tensor energía-momento.

G : Constante gravitatoria.

R : Curvatura escalar.

c : Velocidad de la luz.

$\mu, \nu = 0, 1, 2, 3$.

- (1) El Tensor de curvatura de Ricci $R_{\mu\nu}$ es una magnitud tensorial, con 10 componentes, combinación de las componentes del tensor de Riemann, este último está conformado, en un espacio de 4 dimensiones, por 20 componentes linealmente independientes. A su vez, el tensor de Riemann determina la estructura del espaciotiempo.
- (2) R es la curvatura escalar. Corresponde a la traza³⁴² invariante de la curvatura de Ricci, con respecto a una métrica específica.
- (3) $T_{\mu\nu}$ es el tensor de energía-momento, el cual contiene la información de la presencia, densidad y distribución de la energía y materia en cada punto del espaciotiempo (M).
- (4) El tensor métrico $g_{\mu\nu}$, asociado a la métrica, precisamente define la estructura del “campo gravitacional” (es muy común en la literatura sobre la TRG asociar tal tensor métrico a las propiedades de un campo gravitacional³⁴³), es decir, contiene la información correspondiente a cada punto del espaciotiempo (M).

A partir de los principios anteriores, resulta factible la afirmación: “*Gravedad es geometría*”. La gravedad es la geometría del espaciotiempo cuatridimensional. Esta es la idea central de la teoría general de la relatividad de Einstein de 1915 —la

³⁴² Como se ha mencionado, un tensor corresponde a una matriz, de tal manera que la traza de una matriz corresponde a la suma de los elementos de la diagonal principal.

³⁴³ Con respecto a esta interpretación, pueden verse Rovelli (1997), Earman y Norton (1987), Brown (2005), entre otros. En estas interpretaciones, se dice que las ecuaciones de campo de Einstein describen la interacción entre un campo físico fundamental: el campo gravitacional, representado por el tensor métrico; y el campo representado por el tensor de energía-momento.

clásica teoría relativista de la gravitación.” (Hartle *et. al* 1999, p. 24)³⁴⁴ La afirmación anterior compacta mucho de lo que precisamente define a la TRG. Cabe señalar que en tal teoría, los efectos de la gravedad definen la curvatura del espaciotiempo, la variedad diferencial M . Dicha variedad constituye a su vez un espacio no euclidiano, con tres dimensiones del espacio, y una dimensión del tiempo.

Así, basta decir que en la TRG, la presencia de materia curva el espaciotiempo, y la estructura geométrica de éste, al curvarse, hace que los cuerpos describan geodésicas en su movimiento. En términos sencillos: un objeto masivo curva la dimensión del tiempo y las tres dimensiones del espacio, acorde a las ecuaciones de campo de Einstein. Asimismo, la curvatura del espaciotiempo será mayor junto a la masa, y se va desvaneciendo en la distancia de ésta. La TRG es una teoría que especifica el efecto gravitacional de la masa, y dicho efecto se expresa en la geometría del espaciotiempo, es decir, la presencia de masa-energía (en la relatividad la masa y la energía son equivalentes) y movimiento, produce una curvatura del espaciotiempo, y a su vez, la curvatura del espaciotiempo produce el movimiento de la masa. Así, algunos textos (ver Wald (1984)) presentan de manera más compacta a las ecuaciones de campo:

$$G_{\mu\nu}=8\pi kT_{\mu\nu}.$$

Curvatura del espaciotiempo=Densidad energética de materia.

Análogamente a como se vio en la versión de las ecuaciones de campo de Einstein presentadas anteriormente, la primera parte de esta última ecuación es lo que se denomina “Tensor de curvatura de Einstein”, e involucra al tensor de Ricci³⁴⁵, a la curvatura escalar, y al tensor métrico. A su vez, si el tensor de curvatura de Einstein es cero, ocurriría que:

$$G_{\mu\nu}=R_{\mu\nu}-(1/2)g_{\mu\nu}R=0.$$

³⁴⁴ “*Gravity Is Geometry*. Gravity is the geometry of four-dimensional spacetime. That is the central idea of Einstein’s 1915 general theory of relativity —the classical theory of relativistic gravitation.”

³⁴⁵ Como ya se mencionó, el Tensor de Ricci determina al campo gravitacional.

Esta nulidad no implica que el espaciotiempo pueda ser plano; en el vacío (ausencia de materia), el tensor de curvatura de Ricci es cero en todas partes, es decir, todas sus componentes son cero. Lo que sí podría implicar que el espaciotiempo sea plano es que las 20 componentes del tensor de Riemann sean cero. Ahora bien, dado que en el lado derecho de las ecuaciones de campo de Einstein tenemos al tensor de energía-momento $T_{\mu\nu}$, el cual representa la distribución de la materia y la energía en el espaciotiempo, puede entenderse que mientras más materia y energía haya, mayor será la curvatura, y por lo tanto, el volumen del enjambre esférico de partículas en caída libre se modifica. Sólo hay que aclarar que no debe entenderse que la distribución de materia y energía determina la estructura geométrica del espaciotiempo, únicamente la constriñe, ya que si $T_{\mu\nu}=0$, una solución de las ecuaciones de campo de Einstein resulta ser el espacio de Minkowski de la relatividad especial, pero no es la única solución de las ecuaciones, para este caso.

Cabe señalar que para encontrar una solución de las ecuaciones de campo, se deben considerar condiciones de contorno³⁴⁶, esto es, condiciones en ciertas regiones del espaciotiempo, dado que, por ejemplo, el espaciotiempo es más curvo en regiones cercanas a una estrella, y la curvatura va desvaneciéndose a la distancia de la estrella, en cuyo caso, podría considerarse un espaciotiempo asintóticamente plano.

A su vez, como se mencionó en uno de los puntos de los principios de la TRG, en esta teoría no existe tal cosa como una “fuerza de gravedad” a la Newton: se habla de fuerzas ficticias en marcos inerciales, pero sólo se atribuyen dichas fuerzas porque, por ejemplo, un cuerpo en la Tierra, puede acelerarse, y consideramos a la Tierra como “marco inercial”, aunque no lo sea precisamente. Así, desde el marco de la TRG, el concepto de fuerza, que produce una aceleración de los cuerpos, no tiene utilidad, como en la gravitación de Newton; en la TRG los cuerpos sólo se aceleran en presencia de campos gravitacionales, y electromagnéticos.

³⁴⁶ Las condiciones de contorno son condiciones que se establecen sobre una frontera, en una determinada región. Las condiciones iniciales son “condiciones cero”, donde las variables involucradas tienen el valor cero. Ambas clases de condiciones están relacionadas con las soluciones de las ecuaciones de campo.

Además, si aceptamos la explicación que sobre la gravedad nos brinda la TRG, también debemos aceptar una estructura intrínseca geométrica del espacio y el tiempo físicos³⁴⁷, en términos de la entidad espaciotiempo. Y asimismo:

La relatividad especial propone una sola estructura plana del espacio-tiempo que es posible especificar totalmente mediante la existencia de los sistemas de coordenadas globales de Lorentz. La relatividad general plantea que la geometría espacio-temporal del universo depende de la distribución de la materia y la energía, y además de otras condiciones de frontera. En la relatividad general no existen las coordenadas globales de Lorentz en relación a ningún universo material o incluso en relación con la mayoría de los universos vacíos. (Maudlin 2014, p. 218)

Maudlin aclara que sólo hay que distinguir entre localidad (regiones pequeñas) —donde las regiones espaciotemporales se asimilan a regiones como en el espacio euclidiano, y asimismo, las del espacio de Minkowski, pues ya se dijo que una solución a las ecuaciones de campo es dicho espacio—, y globalidad, regiones que abarcan sistemas planetarios, sistemas de galaxias, etc., donde la curvatura del espaciotiempo es considerable. La aplicación de la relatividad general a problemas de cosmología, como los agujeros negros o el “Big Bang”, permite distinguir lo mencionado anteriormente. Además, es conocido el hecho de que la teoría de la gravitación universal de Newton resulta ser un caso límite de la relatividad general (ver la sección V.5).

Finalmente, en un contexto más contemporáneo (ver capítulo III), la TRG puede ser tratada como una teoría de espaciotiempo, tal que toda teoría de espaciotiempo puede caracterizarse en términos de modelos de espaciotiempo (Earman y Norton (1987)). En este contexto, un modelo es una variedad cuatridimensional diferenciable M , junto con un conjunto de objetos geométricos

³⁴⁷ Usualmente, es común considerar que la relatividad general resuelve el problema sobre la naturaleza del espacio y el tiempo, en términos de que la entidad espaciotiempo posee una estructura geométrica intrínseca, apoyado esto último tanto por el éxito teórico como empírico de la TRG (Maudlin (2014), Friedman (1987), entre otros). Hay otras posturas como la de Harvey R. Brown (2005), que consideran una cierta “incompletez” de la fundamentación geométrica tanto de la TRE como de la TRG, el autor apuesta por una fundamentación dinámica, la cual deja ver más claramente ciertos aspectos problemáticos, en cuanto a la naturaleza de la entidad espaciotiempo, y su carácter meramente geométrico. Más adelante tendremos oportunidad de tratar esta problemática.

definidos en cada punto de la variedad, de manera que pueden establecerse un conjunto de $n+1$ elementos de la forma: $\langle M, O_1, \dots, O_n \rangle$, donde M es una variedad diferenciable con una estructura intrínseca³⁴⁸, y O_1, \dots, O_n son objetos geométricos, para los cuales, en un modelo específico, se satisfacen un conjunto de ecuaciones de campo, y a su vez, una solución de dichas ecuaciones de campo³⁴⁹ permitirá establecer condiciones observables³⁵⁰, las que son verificadas por medio de los test, es decir, una verificación experimental (ver capítulo III).

Así, en el caso específico de la TRG: “Para un modelo de relatividad general $\langle M, g_{\mu\nu}, T_{\mu\nu} \rangle$, el dominio M se toma para representar los puntos del espaciotiempo (con propiedades y relaciones absolutas, determinadas por la estructura topológica y diferencial de la variedad) que existen en un mundo, y $g_{\mu\nu}$ y $T_{\mu\nu}$ definidos sobre M son tomados para representar las propiedades (dinámicas) y relacionales que poseen los puntos.” (Rickles 2008, p. 78)³⁵¹ De esta manera, podrá hablarse de “modelos de espaciotiempo en relatividad general”, tal que corresponden a soluciones de las ecuaciones de campo de Einstein. Además, si $\langle M, g_{\mu\nu}, T_{\mu\nu} \rangle$ y $\langle M, d^*g_{\mu\nu}, d^*T_{\mu\nu} \rangle$ son modelos de espaciotiempo, y d es un difeomorfismo³⁵², entonces ambos modelos son equivalentes.

³⁴⁸ La estructura intrínseca corresponde a una estructura geométrica. Entre otros aspectos, en M existe un difeomorfismo $d: M \rightarrow M$, es decir, un mapeo de M sobre sí misma, tal que el modelo de espacio-tiempo satisface una covariancia sustantiva para una métrica específica.

³⁴⁹ Karl Schwarzschild fue un matemático y astrónomo alemán, obtuvo la primera solución exacta de las ecuaciones de campo de Einstein en 1916; su métrica es de las más recurrentes, dado que considera un espaciotiempo generado por una distribución de materia de simetría esférica, con un campo gravitacional de la misma forma, lo cual precisamente corresponde a las condiciones del campo gravitacional del Sol, al cual estará sometido un rayo de luz que proviene de una estrella lejana. Para la expresión matemática de dicha métrica, puede verse Hacyan (2013).

³⁵⁰ En cierta forma, definir lo que es un “observable” en relatividad general no está exento de ciertas controversias. “¿Qué es un ejemplo de un observable en relatividad general? Carlo Rovelli (2000) nos da los siguientes ejemplos: ‘la distancia entre la Tierra y Venus durante el último eclipse solar’; ‘el número de pulsos de un pulsar en un sistema binario que alcanza la Tierra durante una revolución del sistema’; y, la energía depositada sobre una antena gravitacional por una onda gravitacional.” (Rickles 2008, p. 138)

³⁵¹ “For a model of general relativity $\langle M, g, T \rangle$, the domain M is taken to represent the spacetime points (along with absolute properties and relations determined by the topological and differential structure of the manifold) that exist at world, and g and T defined over M are taken to represent the (dynamical) properties and relations that the points possess.” Si bien, Rickles acepta dicha caracterización, el autor hace una crítica a Earman y Norton, en relación con su “hole argument”. Los detalles de las ideas de Earman y Norton, así como la respuesta de Rickles, las habremos de tratar más adelante, sobre todo en la sección V.4.

³⁵² En M existe un difeomorfismo $d: M \rightarrow M$, ver nota 348.

A grandes rasgos, todo lo anterior corresponde al bagaje conceptual básico de la TRG.

V.3 Consecuencias filosóficas de la TRG. ¿Son el espacio y el tiempo entes del mundo?

Hablar sobre la existencia de entidades ha sido uno de los principales problemas en el ámbito filosófico. Definir a un ente como existente implica afirmar, de una u otra forma, que se posee un cierto conocimiento de dicho ente, pero ¿cuál es precisamente el tipo de conocimiento que puede darnos la pauta de que, efectivamente, puede predicarse existencia a dicho ente? Es claro que para nuestro caso, el conocimiento científico es el que puede darnos dicha pauta. Sin embargo, dicho conocimiento no ha estado libre de controversias, una simple mirada a la historia de la ciencia nos daría la razón.

Así, en la presente sección nos interesa ubicar el tipo de preguntas, como la planteada líneas arriba, en el contexto de la TRG, específicamente en la respuesta que dicha teoría ha dado sobre la naturaleza del espacio y el tiempo, y contrastarla con la concepción kantiana, lo que tiene que ver con la cuestión de si el espacio y el tiempo son entes del mundo. Cabe aclarar que, como ya se ha podido señalar a lo largo de la tesis, en Kant, el espacio y el tiempo no pueden considerarse como entes “existentes”; por algo, si fuera el caso, éstos, en cierto sentido, deberían ser considerados como “objetos que pueden ser constituidos”, es decir, objetos en un sentido físico, a como lo han hecho diversos autores (ver capítulos III y IV). En atención a lo anterior es que, dado el enfoque del capítulo III, pudimos plantearnos la cuestión: ¿el espacio y el tiempo son, en la TRG, “objetos” que pueden constituirse empíricamente?

La problemática mencionada ya fue tratada suficientemente; para los intereses de la presente sección, comencemos haciendo un listado de aquellas consecuencias filosóficas de la TRG que, dado el bagaje conceptual de la presente investigación, resultan más relevantes. Es decir, consideramos que a partir de un análisis de las consecuencias filosóficas que la entidad espaciotiempo trae a colación, pueden

derivarse nociones específicas del espacio y el tiempo. Creemos que, por ejemplo, hay una manera específica de caracterizar al tiempo, a partir de las consecuencias filosóficas que están vinculadas a la entidad espaciotiempo.

Cabe aclarar que, dado lo exhaustivo del asunto, sólo pretendemos señalar, a grandes rasgos, el estado de la cuestión, y ubicarlo frente a la problemática que nos incumbe. Nuestro tratamiento de estas consecuencias filosóficas se hará en subsecciones, y no atenderá directamente al orden enumerado, ni trataremos en detalle todas las consecuencias filosóficas, algunas de éstas se entrecruzan o son mucho más amplias de lo que aquí podemos tratar.

Así, algunas consecuencias filosóficas de la TRG son:

- (1) El problema sobre la naturaleza del tiempo, sobre si éste es o no un ente del mundo (ver por ejemplo Callender (2010)). Para algunos filósofos de la física (Norton (1987), Dorato (2002)), la teoría de la relatividad no da, en cierto sentido, una respuesta sobre la naturaleza objetiva del tiempo. Si bien es un problema traído a colación suficientemente por la relatividad especial, un tratamiento especulativo clásico en el marco de la TRG es el que dio Kurt Gödel (1949), al encontrar ciertas soluciones³⁵³ de las ecuaciones de campo que no cumplen con el principio cosmológico: el universo debe ser homogéneo e isotrópico, a la vez de que las líneas temporales deben ser abiertas, entre otras características. Así, en el modelo de las soluciones de Gödel, existen líneas temporales cerradas, y el universo no es isotrópico. Las consecuencias filosóficas de dichas soluciones las expondría Gödel en su famoso artículo: “Una observación sobre la relación entre la teoría de la relatividad y la filosofía idealista”, su contribución al volumen de la *Biblioteca de filósofos vivientes*, dedicada a Einstein. Si bien en la TRG sí es posible establecer un “tiempo cósmico universal”, lo que para muchos daría objetividad al tiempo (ver Arthur (2008)); cabe señalar que en las soluciones de Gödel no es posible “encajar los tiempos locales de los observadores particulares en un tiempo cósmico”, perdiendo el tiempo, a la sazón de Gödel,

³⁵³ Es decir, un modelo.

su carácter absoluto. Sobra decir todas las consecuencias filosóficas que esta simple idea ha traído. Finalmente, como dijera Carlo Rovelli (2006): “Hay muchas distintas nociones de tiempo empleadas en la TRG: tiempo coordinado t , tiempo propio S , tiempo del reloj T , tiempo cosmológico t_{Fr} , tiempo asintótico de Poincaré... . Las últimas dos se refieren solamente a la descripción de soluciones especiales de las ecuaciones de campo de Einstein.” (p. 34)³⁵⁴

- (2) El problema de la naturaleza de la entidad espaciotiempo, de si es o no una “entidad real y existente”. Con ello surgen cuestiones como: si el espaciotiempo es una substancia, ¿éste interactúa con la materia, y si es así, de qué manera? Este problema está a su vez relacionado con el principio de acción-reacción, contenido en la tercera ley de Newton, puesto que si se considera que el espaciotiempo es una substancia, ¿debe influir sobre los objetos? Algunos filósofos creen que resulta banal indagar alrededor de si existe o no el espaciotiempo (ver Stein (1989)); para otros, puede considerarse que la TRG da una respuesta consistente, en relación con el carácter meramente geométrico, intrínseco del espaciotiempo, y tal que desde ahí pueden explicarse los fenómenos, las leyes, etc. (Friedman (1987), Maudlin (2014)). En términos generales, el problema se plantea sobre todo en el contexto del debate entre substancialistas vs relacionistas, alrededor de la idea de un realismo sobre el espaciotiempo, puede verse Earman (1989), Nerlich (1994), Brown (2005), Dorato (2008), Maudlin (2014), entre otros. Precisamente, este problema lo trataremos específicamente en la sección V.4.
- (3) La naturaleza de la geometría, las coordenadas y transformaciones, etc., es decir, a grandes rasgos: la naturaleza de los entes matemáticos y su “posibilidad óptica”³⁵⁵, en términos de si al aplicarlos a las teorías físicas, “éstas reflejan la realidad de dichos entes”. En nuestro contexto, un problema

³⁵⁴ “There are many distinct notions of time employed in GR: coordinate time t , proper time S , clock times T , cosmological time t_{Fr} , asymptotic Poincaré time... . The last two refer to description of special solutions of the Einstein field equations only.”

³⁵⁵ En la terminología filosófica, el sentido óptico de un ser tiene que ver con su existencia; el sentido ontológico está relacionado con el conocimiento del Ser.

específico tiene que ver con que si los puntos espaciotemporales, propios de la TRG, existen, y tienen a su vez una propia individuación, puede verse Nerlich (1994) o Brown (2005). Al ser la TRG una teoría de la física con un carácter meramente geométrico, ¿las leyes, los fenómenos, etc., pueden ser expresados independientemente de apelar a simetrías, dotadas por la misma geometría, las transformaciones? Este problema está relacionado con el debate entre aquellos que apelan por un enfoque geométrico de fundamentación de la TRG: Friedman (1987), Maudlin (2014); y los que apuestan por una fundamentación dinámica: Brown (2005), Brown y Pooley (2004), Brown y Lehmkuhl (2013).

- (4) El problema del concepto de objeto o cuerpo en la TRG. Dado que dicha teoría postula un espaciotiempo cuatridimensional, ¿qué es un objeto, un cuerpo, en un espacio de cuatro dimensiones? Quizá el problema pueda parecer trivial, dado que en la TRG se consideran tres dimensiones espaciales y una temporal. Pero, al existir formalmente distintos subespacios de tres dimensiones, donde una de éstas dimensiones es la temporal, y las dos restantes espaciales, de nuevo: ¿qué es un objeto, un cuerpo? Para muchos, el problema se diluye, puesto que la TRG es una teoría de la física, y no meramente una teoría matemática. Aunque, ¿todo cuerpo posee necesariamente propiedades temporales? (Puede verse Pooley (2004), Lusanna and Pauri (2005), Brown (2006), entre otros).
- (5) El llamado “Argumento del agujero”, replanteado por John Earman y John Norton (1987), y que a grandes rasgos tiene que ver con que existe alguna transformación topológica (difeomorfismo del agujero), tal que para una región del espaciotiempo, la transformación es de identidad en el exterior de dicha región, pero no en su interior. Esto, a tenor de los autores, traería problemas a la teoría, en particular, respecto de la individuación de los puntos espaciotemporales y el determinismo. En la subsección V.3.3 tendremos

oportunidad de tratar con más detalle este problema, identificado en su momento por el mismo Einstein³⁵⁶.

- (6) Finalmente, el problema del realismo sobre el espaciotiempo, tratado desde la perspectiva del debate substancialistas vs relacionistas (sección V.4); y a su vez, desde un enfoque meramente pluralista, de raigambre kantiano, lo que será el tema de la sección V.5.

Cabe señalar que éstas no son las únicas consecuencias filosóficas que la TRG trae a colación, aunque sí creemos, en gran parte, las más relevantes para nuestros intereses.

Algunas otras consecuencias son, por ejemplo, que a partir de los trabajos de Gödel, entre otros, se ha dado a especular sobre lo que se conoce como “viajes en el tiempo” (ver Lewis (1976)); sobre si “existe un tiempo curvo” (ver Thorne (1995)); incluso, las aplicaciones de la relatividad general como la teoría de los agujeros negros (puede verse Penrose y Hawking (2012)), permiten especular sobre dichos “viajes en el tiempo”, a la vez de lo que la teoría del Big Bang ha traído a colación, etc.

V.3.1 El problema del tiempo en la TRG.

El problema sobre la naturaleza del tiempo siempre ha presentado un sin número de controversias. Quizá resulta ser mucho más robusto que el problema de la naturaleza del espacio, el cual generalmente gira en torno de la naturaleza de la geometría. Para nuestros intereses, cabe aquí una simple cuestión:

- ¿La TRG contribuye a resolver el problema sobre la naturaleza del tiempo o sólo lo disipa más?

³⁵⁶ En su artículo “Einstein, the Hole Argument and the Reality of Space” [John Forge (ed.) *Measurement, Realism and Objectivity*, D. Reidel Publishing Company, 153-188, 1987], John Norton lleva a cabo una sustancial revisión de dicho argumento en los artículos de Einstein, a la vez de cómo el creador de la relatividad general asume dichas consecuencias de su teoría.

El tratamiento que Gödel dio al problema del tiempo está referido a unas soluciones que obtuvo de las ecuaciones de campo, por lo que a continuación trataremos, a grandes rasgos, los puntos importantes de los artículos de Gödel³⁵⁷ sobre el tema.

La TRG es la base de la cosmología moderna, y ciertas soluciones de las ecuaciones de campo de Einstein son consideradas que representan la forma del universo. Así, dichas soluciones deben de considerar lo siguiente:

- “Principio cosmológico”: A gran escala, (1) el universo es espacialmente homogéneo y; (2) el universo es espacialmente isotrópico (el mismo para cualquier observador y en cualquier dirección).

En este sentido, en “Un ejemplo de un nuevo tipo de soluciones cosmológicas de las ecuaciones einstenianas del campo gravitatorio”, Gödel (1949/2006) encuentra una solución de las ecuaciones de campo de Einstein donde se observa un espaciotiempo que no cumple completamente con el principio cosmológico, ya que el universo de Gödel es:

- (1) Homogéneo
 - (2) Infinito
 - (3) Tiene una curvatura constante
 - (4) Es estacionario (no admite expansión)
 - (5) No da cuenta del desplazamiento hacia el rojo del espectro de la luz
- En tal universo: (1) Cada punto del espacio-tiempo es un evento y; (2) Dos eventos **A** y **B** están unidos por un intervalo temporal o espacial **I(A,B)**.

Si $I(A,B) < 0$, tipo tiempo (no hay simultaneidad)

Si $I(A,B) > 0$, tipo espacio (no hay relación causal)

³⁵⁷ En este tema, la bibliografía es amplia, puede verse por ejemplo: Yourgrau (1992), Wang (1995), Oaklander (2004), Calosi (2009), Parsons (2010), entre otros.

De lo anterior basta señalar que:

T1: En el universo de Gödel son posibles las líneas de universo de tipo temporal, en donde **A** es anterior a **B** (pasado de **B**), mientras que en otra **A** es posterior a **B** (pertenece al futuro de **B**).

T2: A su vez, existen líneas cerradas de tiempo, por lo que puede concebirse que no existe un tiempo absoluto, un tiempo cósmico universal, a diferencia de lo que postulan ciertas soluciones de las ecuaciones de campo, basadas en el principio cosmológico.

Ahora bien, en su artículo: “Una observación sobre la relación entre la teoría de la relatividad y la filosofía idealista”, Gödel (1949/2006) obtiene las consecuencias filosóficas de su artículo “Un ejemplo de un nuevo tipo de soluciones cosmológicas de las ecuaciones einstenianas del campo gravitatorio”. Podemos decir que:

* Gödel entiende por filosofía idealista, aquella que niega la realidad objetiva del tiempo, y por ende, la del cambio³⁵⁸. Ejemplo: la filosofía de Kant, lo que en cierto sentido está en concordancia con nuestra interpretación sobre el concepto de tiempo en Kant (ver capítulo II).

* Retomando a Kant: “El tiempo no es un concepto discursivo, o como se suele decir [un concepto] universal, sino una forma pura de la intuición sensible.” <A32>, y asimismo: “El tiempo no transcurre, sino que en él transcurre la existencia de lo mudable. Al tiempo, entonces, que es, él mismo, inmutable y permanente, le corresponde en el fenómeno lo inmutable en la existencia, es decir, la substancia, y sólo en ella puede ser determinada según el tiempo, la sucesión y la simultaneidad

³⁵⁸ L. Nathan Oaklander (2004) señala que el problema del cambio enraíza dos aspectos básicos: (1) por un lado el cambio requiere “similaridad”, igualdad (sameness), es decir, una cosa que cambia debe ser una y la misma antes y después del cambio, si no es así, tendríamos dos cosas con propiedades distintas (¿acaso no esto se parece al principio enunciado en la primera analogía de la experiencia?, ver capítulo III); (2) el cambio debe requerir diferencia (difference), es decir, si algo está cambiando, ese algo debe tener una propiedad y posteriormente una propiedad distinta e incompatible: una manzana cambia de verde a roja, pero ¿permanece siendo una y la misma cosa?, y a su vez, se debe introducir al tiempo.

de los fenómenos.” <A144> Como pudimos concluir, a partir de nuestra lectura: “*el tiempo es no objetivo, es decir, no existe substancialmente, ni como una relación entre substancias.*” El tiempo es, a su vez: un “orden de presentación que supone la presencia de un observador que es parte del orden mismo.”

Ahora bien, en su artículo, Gödel parte del análisis de la simultaneidad en la relatividad especial, lo que para él implica una relatividad de la sucesión temporal. En su modelo, puede darse que si para un observador el suceso **A** es causalmente anterior a **B**, para otro observador puede que sea lo contrario. Esto es, **A** y **B** no son simultáneos, e incluso no puede afirmarse que **A** ocurrió antes que **B**, desde la perspectiva de distintos observadores.

- En este sentido, el argumento de Gödel es que el cambio sólo es posible a través de lapsos de tiempo (estratos de “ahoras” que existen sucesivamente³⁵⁹).
- Pero debido a la relatividad de la simultaneidad, no es posible, entonces, establecer dichos lapsos de tiempo.
- Así, concluye, en primera instancia, que cada observador tiene su sistema de estratos de “ahoras”³⁶⁰, por lo que no es posible aceptar que exista un sistema de lapsos de tiempo privilegiado (con Kant, ver la nota 3 del artículo de Gödel), en contradicción con los modelos que consideran un “tiempo cósmico universal”, y en concordancia con las soluciones que él obtuvo de las ecuaciones de campo.

Asimismo, por lo tratado en la sección pasada, en la TRG, debido a la presencia de materia, y a la curvatura del espaciotiempo, a la vez del principio cosmológico, se pueden obtener ciertas soluciones de las ecuaciones de campo de

³⁵⁹ Habría que decir que con esta concepción, lo que se está haciendo es declarar que “existen entidades temporales intrínsecas”, con lo cual de nuevo nos conduce a una substancialización del tiempo.

³⁶⁰ “Para Gödel, el tiempo en el sentido intuitivo es algo <<cuya esencia es que sólo el presente existe en realidad.>>. En particular, <<significa que, o equivale al hecho de que, la realidad consta de una infinidad de capas de “ahora” que vienen a la existencia de manera sucesiva>>.” (Yourgrau 2007, p. 165)

Einstein, donde es factible postular la existencia de un tiempo universal³⁶¹ (como es común entenderlo en los textos sobre la TRG, pues debido a la concordancia de las soluciones con hechos experimentales, no hay razones para abandonar dicha suposición). Aun así, habrá de atender a que:

- Para Gödel, debido a las distintas soluciones de las ecuaciones de campo de Einstein, en especial las que él encontró, donde se muestra la posibilidad de universos rotatorios (estáticos y homogéneos), ¿puede aceptarse completamente la idea de tiempo objetivo, de un tiempo cósmico?
- Asimismo, por lo ya dicho sobre la simultaneidad y los lapsos de tiempo, en su modelo no es posible definir un tiempo global para los distintos observadores locales (véase **T1** y **T2**).
- Además, en los universos rotatorios es posible hacer un viaje de ida y vuelta, es decir, es posible viajar a cualquier región del pasado, presente y futuro, y volver al mismo punto. Sin embargo, esto puede conducir a absurdos lógicos.

Así, del conjunto de conjeturas anteriores, Gödel extrae las siguientes conclusiones:

- No hay razones suficientes para admitir un lapso de tiempo objetivo, principalmente por las consecuencias sobre la posibilidad de los universos rotatorios.
- Sin embargo, nuestro universo no puede llegar a representarse como el que se muestra en las soluciones del primer artículo de 1949, puesto que el universo en el que vivimos está en expansión (Hubble), y hay corrimiento hacia el rojo. Aunque también hay soluciones para universos en expansión, y en éstos puede que tampoco exista un tiempo cósmico universal.
- Debido a la compatibilidad de las leyes de la naturaleza, para el caso de universos donde no se puede definir un tiempo cósmico universal, es posible

³⁶¹ El “tiempo cósmico”, considerado objetivo, y que avanza en una dirección acorde a la segunda ley de la termodinámica.

traer a luz ciertas consecuencias sobre los universos donde sí se puede definir un tiempo cósmico universal, pues implica establecer que un tiempo absoluto está transcurriendo, y que la existencia o no de un lapso de tiempo objetivo depende del modo particular en que tanto la materia y su movimiento están distribuidos en el universo. Así, el tiempo objetivo sería una “consecuencia contingente de la distribución fáctica de la materia en el universo.”³⁶²

- La relatividad resulta inconsistente con la idea de un tiempo intuitivo. Sin embargo, si la idea de tiempo que se deriva de la relatividad, es la idea objetiva, ¿implica que el tiempo existe?

Finalmente, Gödel asume una postura intermedia, pues considera que una concepción filosófica de este tipo puede resultar no del todo satisfactoria, sobre todo porque toda solución de las ecuaciones de campo de Einstein debe atender a consideraciones físicas plausibles. Aun así, Gödel entendió que desde la relatividad de Einstein, no era posible aceptar una concordancia entre la idea intuitiva de tiempo (la experiencia cotidiana de éste) y lo que a partir de dicha teoría se entiende por “tiempo objetivo”. Simplemente, Gödel mostró que la idea de tiempo lineal, más ad hoc con nuestra idea intuitiva, no se puede deducir de la TRG.

La relatividad, para Gödel, no capta la esencia del tiempo intuitivo, porque cuando ésta llega al tiempo, nuestras intuiciones nos traicionan. <<El tiempo, tal como nos lo presentamos a nosotros mismos>>, decía, <<simplemente no encaja con los hechos. Llamarlo tiempo subjetivo es sólo un eufemismo.>> Éste era, para Gödel, el punto de intersección entre el idealismo de Kant y el idealismo temporal implícito en la física de Einstein.” (Yourgrau 2007, p. 176)

³⁶² Cabe aquí una precisión dada por Tim Maudlin (2014): “En un cierto sentido es obvio que *cualquier* geometría del espacio-tiempo puede hacerse de manera que sea coherente con la ecuación de campo de Einstein. Tomamos una métrica arbitraria, calculamos el tensor de curvatura einsteiniano, y entonces usamos la ecuación de campo para *definir* el tensor de estrés-energía. Así que cuando juzgamos que algunas geometrías “no son físicas” nos basamos en que consideramos que algunos tensores de estrés-energía no son físicos. Una condición estándar, la llamada condición de energía débil, esencialmente exige que en los marcos de Lorentz locales la densidad de la energía local no sea negativa... Por lo tanto, el intento de encontrar un escenario físico plausible para la formación de curvas cerradas de tipo tiempo significa encontrar una que satisfaga condiciones de energía razonables, que dé como resultado una solución estable y que no involucre curvas cerradas de tipo tiempo que ya se encuentren en las condiciones iniciales.” (p. 250-1) La cuestión aquí sería: ¿las soluciones de Gödel cumplen con las condiciones especificadas por Maudlin?

Las conclusiones de Gödel, y su interpretación sobre la filosofía idealista, han sido objeto de ciertas críticas, sobre todo de aquellos que consideran que tanto en la relatividad especial como en la TRG sí se puede tener una idea objetiva del tiempo (ver por ejemplo: Arthur (2008)).

1. Nathan Oaklander (2004) ubica a Gödel en la tradición de McTaggart³⁶³, ya que le adjudica la concepción de que el tiempo es ideal, “una ilusión que no representa nada en la realidad objetiva.” (p.129) Oaklander lleva a cabo su crítica a través de la lectura de Pallé Yourgrau (1991) sobre el trabajo de Gödel, en su libro *The Dissapearance of Time*; el autor (Oaklander) interpreta, primero, que Gödel sólo consideró lo que se conoce como “A-Theories of Time”, tal que los eventos en el tiempo son ordenados en términos de pasado, presente y futuro (A-series, A-propiedades), lo que implica una “tensión temporal”, es decir, un “temporal becoming”³⁶⁴ (“devenir”). De lo anterior, según Oaklander, puede Gödel argumentar:

- (a) Si la relatividad es cierta (que todo indica que sí) y,
- (b) Como los universos de Gödel son posibles, entonces,
- (c) La concepción en términos de “A-Theories of Times” resulta ser falsa (en concordancia con McTaggart por ejemplo), lo que lleva a concluir que,
- (d) El tiempo es una ilusión.

Sin embargo, y aquí radica el artificio de Oaklander contra Gödel y Yourgrau, para el autor, Gödel deja de lado las “B-Theories of Time”, según las cuales los eventos pueden ordenarse como en una red que distingue entre eventos anteriores,

³⁶³ McTaggart distingue entre series A y series B del tiempo, de tal forma que: “For the sake of brevity I shall speak of the series of positions running from the far past through the near past to the present, and the from the present to the near future and the far future, as the A series. The series of positions which runs from earlier to later I shall call the B series.” (McTaggart 1908, p. 457)

³⁶⁴ El problema del “becoming” ha llegado a ser muy robusto en la literatura sobre la naturaleza del tiempo, está obviamente asociado al problema del cambio. Puede verse a este tenor: “The Myth of Passage” de Donald C. Williams, en *Journal of Philosophy*, Vol. 8, no. 15, 1951, pp. 457-472.

posteriores y simultáneos (B-series, B-propiedades)³⁶⁵. Además, le atribuye a Gödel que éste, al tomar en consideración sólo las “A-Theories of Time”, está “espacializando al tiempo”³⁶⁶. La pregunta aquí, con respecto a esto último, sería: ¿acaso no, en cierto sentido, tanto la TRE como la TRG lo hacen, al postular la entidad espaciotiempo, de carácter geométrico?

Para Oaklander las “B-Theories of Time” toman las series de tiempo como “genuinas posibilidades”, es decir, en la tradición de Bertrand Russell y C. D. Broad: “las relaciones temporales son primitivas e inanalizables”³⁶⁷, y tal que las diferencias entre las relaciones temporales habrán de ser diferencias irreducibles, cualitativamente hablando. Si es así, ¿cómo ordenamos los eventos temporales en cualquier teoría de la física, como eventos simultáneos (sea cual sea el concepto de simultaneidad), o que han sucedido antes, o después uno con respecto al otro?, y asimismo, ¿cómo estamos a su vez seguros de que “tenemos una idea objetiva del tiempo”, si esta última no concuerda con nuestra idea intuitiva? Además, ¿dónde quedan ciertas propiedades temporales como la causalidad, que precisamente permite establecer una diferenciación entre eventos, entre las relaciones temporales?, ¿realmente la causalidad no tendría cabida en la TRE, en la TRG?

Cabe señalar que, físicamente hablando, se considera una línea temporal causal en la TRG³⁶⁸, dado que esto permite establecer soluciones realistas de las ecuaciones de campo de Einstein, es decir, modelos de universos posibles. Si no

³⁶⁵ Las series B del tiempo son compatibles con la idea de un tiempo cósmico universal, ¿realmente Gödel no consideró a este tipo de serie temporal, cuando él mismo atendió al concepto de tiempo cósmico?

³⁶⁶ Cfr. “La serie A no puede asimilarse al espacio. Lo que hace que este hecho, en apariencia obvio, quede oculto para muchos pensadores formales, físicos o lógicos, es que en la relatividad especial, la t se distingue formalmente de las tres dimensiones espaciales..., el tiempo en la relatividad especial tiene una <<geometría>> diferente de las dimensiones espaciales.” (Yourgrau 2007, p. 164-5)

³⁶⁷ Oaklander (2004) da una cita de Broad donde éste define lo que entiende por “relación temporal: “Temporal characteristics are among the most fundamental in the objects of our experience, and therefore cannot be defined. We must start by admitting that we can in certain cases judge that one experienced event is later than another, in the same immediate way as we can judge that one seen object is to the right of another... On these relations of before and after, which we immediately recognize, all further knowledge of time is built.” (p. 25). Lo curioso de esta concepción es que, si las relaciones temporales son primitivas e inanalizables, y sólo poseemos experiencias que nos permiten juzgar en términos de antes y después, por ejemplo, ¿cómo entonces es que podemos asimismo juzgar sobre un “tiempo objetivo” en nuestras teorías físicas?

³⁶⁸ Hawking y Ellis (1973) afirman que “That space-time satisfies what we shall call the *chronology condition*: namely, that there are no closed timelike curves.” (p. 189) Lo que en términos generales implica una condición de causalidad en la dirección del tiempo, puesto que como los mismos autores mencionan más adelante: “In physically realistic solutions (de las ecuaciones de campo), the causality and chronology conditions are equivalent.” (*Ibidem*, p. 192)

fuera el caso: ¿cómo podría a su vez postularse un “tiempo cósmico universal”? Pero al hacerlo, y considerar a éste como objetivo, ¿no se está a su vez substancializando al tiempo, y por tanto, dotando de una individualidad a los “instantes de tiempo” (como en las “A-Theories of Time”)? Asimismo, ¿cómo empalma esto con la idea defendida por los relacionistas de que el espaciotiempo es relacional (“B-Theories of Time”)? Finalmente, en una visión relacional del tiempo, si no hay eventos ni cosas, ni nada en una relación, entonces: ¿existe el tiempo?, dada la supuesta concepción relacional del tiempo, aceptada por muchos, ¿no acaso debe negarse toda substancialidad del tiempo, independientemente de que sean o no posibles los universos de Gödel?

2. Hay otras críticas interesantes a las ideas de Gödel, como la llevada a cabo por R. T. W. Arthur (2008) en su artículo “Time Lapse and the Degeneracy of Time: Gödel, Proper Time and Becoming in Relativity Theory”, donde el autor acusa a Gödel de no haber distinguido entre el “tiempo propio”³⁶⁹ y el “tiempo coordenado”³⁷⁰. Según Arthur, al referirse Gödel al “tiempo propio de los observadores”, está sólo considerando al tiempo coordenado, y deja a un lado el tiempo propio, el cual resulta ser objetivo y fundamental. De aquí que, ejemplificando la noción de tiempo propio, a partir de una versión de la paradoja de los gemelos en la TRE, el autor llega a la conclusión de que las ideas de Gödel, en cuanto a la no objetividad del tiempo, no se sostienen.

El problema con la crítica de Arthur es que parece que equipara “observador” a “sujeto en un sistema de referencia”, y de ahí interpreta la concepción que Gödel tiene de la filosofía kantiana. Físicamente, por ejemplo, un “observador” puede ser el

³⁶⁹ El autor menciona que la noción de tiempo propio fue introducida por Minkowski, en su famoso artículo de 1908: “If at any point $P(x,y,z,t)$ in spacetime we imagine a worldline running through that point, the magnitude corresponding to the timelike vector dx, dy, dz, dt laid off along the line is

$$d\tau = [c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2]^{1/2} / c$$

Proper time is now defined as the integral of this quantity along the worldline in question. Introducing the concept, Minkowski wrote: ‘The integral $\tau = \int d\tau$ on this quantity, taken along the worldline from any fixed starting point P_0 to the variable endpoint P , we call the proper time of the substantial point at P .’” (Arthur 2008, p. 218)

³⁷⁰ Cfr. “The problem with Gödel formulation, as I hope should be clear by this juncture, is that it fails to appreciate the degeneracy of time: time lapse is not represented in relativity theory by the time co-ordinate function, but by proper time.” (Arthur 2008, p. 224)

reloj que se mueve por una línea de mundo y mide un tiempo, a diferencia de un sujeto colocado en un sistema de referencia inercial.

Si bien, Gödel habla de observadores y de marcos de referencia, su idea es coherente con la noción de algo así como “tiempo perceptivo”, a la vez del tiempo en la TRE. El tiempo al que se refiere Arthur, puede ser “el tiempo medido por un reloj en una línea de mundo”, ¿si un observador (dígase el gemelo A) describiera dicha línea de mundo, su percepción temporal sería equivalente a la medida por un reloj que lo acompaña en su movimiento, y asimismo, la percepción temporal de otro observador (gemelo B) en reposo, sería equivalente a la medida por su propio reloj, es decir, ambas “percepciones temporales” serían las mismas? De nuevo: si puede hablarse de “tiempo coordinado” y de “tiempo propio”, ¿no se está, en un cierto sentido, quitando unicidad al tiempo? Es decir, se están postulando distintas nociones de tiempo en el marco epistémico de una teoría.

Aquí, tenemos la convicción de que las ideas de Gödel posibilitaron la tensión entre la concepción del tiempo como substancia y su concepción relacional, con lo que puede sustentarse la cuestión de si el tiempo es un ente del mundo, por tanto, ¿es “algo objetivo”?

3. Mauro Dorato (2002) en su artículo “Kant, Gödel and Relativity”, lleva a cabo una lectura de la situación tratada por Gödel. El análisis de Dorato parte de una cuestión fundamental: ¿es el tiempo subjetivo, puramente ideal (trascendental en el sentido de Kant), o es parte del “mobiliario” del mundo físico, es decir, independiente de la mente? A primera vista, la respuesta a la cuestión podría parecer evidente, dado el poder explicativo de una teoría como la relatividad. Dorato ataca el problema planteando a su vez dos cuestiones, a las cuales una teoría de la física debería de responder:

- Si el tiempo fuera una no-entidad (en sentido físico), entonces, ¿cómo podríamos contar con un criterio de la realidad de las cosas y eventos?
- ¿Cómo podríamos explicar el hecho de que los objetos y eventos están separados en el espacio y el tiempo sin asumir que el tiempo es algo real?

El autor afirma que para responder a ambas cuestiones no es necesario asumir que el tiempo es una propiedad del universo físico e independiente de la mente. Actualmente, en nuestra configuración epistémica (framework) sobre toda temática relacionada con el espacio y el tiempo, es común la creencia de que a partir de la TRG, lo que es “localizable” en el espaciotiempo, es una condición suficiente para decir que algo existe, lo cual se convierte en un criterio de objetividad. Sin embargo, hemos visto en el capítulo III que la objetividad se “construye” en términos de que involucra distintos elementos, que configuran lo que allí llamamos “una ontología de la experiencia”, con lo cual, para predicar existencia de objetos, debe atenderse a las condiciones propias de objetividad, pertenecientes a un marco epistémico específico (teoría).

4. Así, con respecto al tiempo, y en el contexto del artículo de Dorato, ¿puede decirse que la noción de tiempo postulada por la TRG, atiende al hecho de que las relaciones temporales, sean cuales sean éstas, son explícitamente representadas por los eventos físicos, independientemente de los observadores, estos últimos entendidos en el sentido de lo que es descrito coherentemente por nuestra experiencia? Si la respuesta es afirmativa, entonces conllevaría a afirmar que nuestra experiencia del tiempo es no objetiva, lo que estaría en concordancia con la idea de que la TRG niega la realidad configurada por la física newtoniana. Pero, asimismo, como nuestras experiencias temporales permiten tener noción de series temporales tipo: pasado, presente y futuro (A-Theories of Time), y de las series de tipo: antes, simultáneo y después (B-Theories of Time), entonces: ¿cómo podemos ordenar los eventos en una flecha temporal, a su vez, causalmente?, ¿cómo es que podemos discriminar entre un tiempo coordinado, y un tiempo propio; entre un tiempo de los observadores, y un tiempo cósmico; y a su vez, postular que hay un tiempo objetivo, más allá de nuestra experiencia? Finalmente, ¿la idea de tiempo es algo que proviene de nuestras experiencias o es algo inherente a nuestra mente, en el sentido trascendental kantiano?

Aquí es posible retomar de nuevo a Gödel y reformular sus ideas: si el tiempo objetivo puede ser postulado en las teorías, en los modelos teóricos, y no puede éste estar referido a nuestra experiencia, a la experiencia de observadores en marcos inerciales, entonces: ¿debe decirse que “el tiempo subjetivo” no se refiere al mundo físico, como bien lo dejan ver la TRE y la TRG? Aunque, como ya se señaló, en tales teorías existen distintas nociones de tiempo; por lo que, ¿realmente el tiempo es algo independiente de la mente? Lo que a grandes rasgos señala Dorato, analizando algunos casos específicos de la noción de tiempo derivadas de la TRE, y en relación con las especulaciones de Gödel, es que resulta curioso que las ideas de Kant sobre el tiempo parecen reivindicarse por la teoría de la relatividad, a diferencia de lo que algunos filósofos de la ciencia han creído.

Finalmente, aceptando que la representación de un evento, en términos de un “punto espaciotemporal”, representa una realidad, y las “líneas de mundo” (líneas temporales), un “cambio en el tiempo”, ¿cada punto espaciotemporal representa un instante de tiempo único, distinto y real?, ¿hay una noción clara del “ahora”, del presente, en la TRE? (Ver Stein (1991)). Lo cual nos llevaría a indagar alrededor de la naturaleza del tiempo en términos metafísicos, de si sólo existe el presente (presentismo); o sólo el presente y futuro (posibilismo); o el conocido eternalismo. Esta última, para muchos, constituye la teoría metafísica sobre el tiempo que mejor se adapta a la TRG, configurada en lo que se conoce como “block universe”, que considera un espaciotiempo ya trazado, y las diferencias entre eventos, temporalmente hablando, sólo son diferencias de perspectiva³⁷¹; y a su vez, en dicha teoría no habría cabida para la idea de cambio. Aunque tales indagaciones rebasan los alcances de la presente tesis.

Lo que realmente nos interesa es que quizá, en términos kantianos, sea más factible decir que:

Si el tiempo es sólo una forma de percepción, si sólo se encuentra en los fenómenos, en las cosas para nosotros, si es sólo una variable de las ecuaciones de la física, entonces el tiempo circular de Gödel, el Eterno Retorno y las máquinas del tiempo no

³⁷¹ Para todas estas temáticas puede verse Markosian (2010), Dainton (2010), Hinchliff (2011), Stein (2011), Sklar (2011)

son conceptos contradictorios. No conducen a ninguna paradoja en el mundo de las cosas en sí, porque allí no fluye el tiempo. (Hacyan 2004, p. 198)

Kantianamente, el “mundo de las cosas en sí”, resulta algo inaccesible, por tanto no habría ninguna contradicción, ninguna paradoja. Resulta más efectivo afirmar, parafraseando a Hao Wang (1993), que el espaciotiempo cuatridimensional quizá es natural para el mundo físico, pero no resulta ser un “sistema coordinado natural para la mente”. Por tanto: el tiempo sólo es un marco natural de referencia, en el sentido ideal, por lo que a su vez, permite llevar a cabo un ordenamiento de fenómenos. Pero de nuevo: ¿es una substancia, un ente del mundo? Ya en el capítulo II, planteamos que en el argumento sobre “La exposición metafísica del tiempo”, tal argumento puede verse como una *reductio*, donde lo fundamental es el carácter *a priori* del tiempo, y que da pauta a su condición ideal y subjetiva, y tal que el tiempo es un “orden de presentación que supone la presencia de un observador que es parte del orden mismo”, con lo cual, puede darse pauta a afirmar que para Kant, el tiempo es no objetivo, es decir, no es un ente del mundo, de nuevo: sólo un “orden de presentación”³⁷² (ver capítulo II, sección II.4).

5. En el capítulo II se especificó que la idealidad del tiempo consiste en que éste no es ni una substancia ni una relación entre substancias. No es que el tiempo “esté sobre las substancias, sobre los objetos”, ni que “sea algo que nosotros ponemos sobre éstos”. El tiempo sólo es la forma del sentido interno, que permite ordenar los fenómenos, un orden de presentación. Todas las problemáticas implícitas que giran en torno a la naturaleza del tiempo, ya sea por vía científica (mecánica newtoniana, relatividad especial o general, termodinámica, mecánica cuántica), ya sea en su sentido metafísico (presentismo, posibilismo, eternalismo, etc.) dan un tratamiento del tiempo con distintos matices, entonces, ¿puede hablarse de una unicidad en el concepto de tiempo?

A la sazón de Kant, el tiempo no existe, y no existe porque no es un “objeto externo”. Si fuera un objeto, se podrían establecer condiciones para constituirlo, lo

³⁷² *Cfr.* “El presentacional no está determinado por sus elementos; más precisamente, por una propiedad o serie de propiedades intrínsecas a los elementos.” (Lazos 2014, p. 86)

que nos llevaría a preguntarnos: ¿cómo se establecen las condiciones para constituir una experiencia objetiva del tiempo, cuando existen variadas experiencias que dan cuenta de una experiencia temporal?, por lo que hemos visto, desde Gödel, en el marco de la TRG: ¿se puede establecer una experiencia objetiva del tiempo? Si se afirma que nuestra experiencia común del tiempo no corresponde a la “experiencia objetiva”, entonces, kantianamente: ¿se puede establecer una experiencia del tiempo propio, del tiempo cósmico? Si la respuesta resulta afirmativa, entonces dicha noción del tiempo debe estar bien determinada, y debe a su vez cumplir con el principio de identidad. ¿Por qué el tiempo, considerado desde la física, no es una entidad cuya experiencia sea similar a la experiencia de cualquier otra entidad?, ¿por qué la noción de tiempo no es una y la misma en mecánica clásica, en la TRE, en la TRG, en mecánica cuántica?

Finalmente, cabe aquí una afirmación de Kant: “El tiempo no es algo que subsista por sí mismo, o que sea inherente a las cosas, como determinación objetiva, y que por tanto permanezca, si se hace abstracción de todas las condiciones subjetivas de la intuición de ellas; pues en el primer caso, aun sin objeto efectivamente real.” <A33>

Sólo conocemos ciertas determinaciones del tiempo. La TRG ha permitido configurar una idea, quizá más objetiva, del tiempo, pero: ¿ha resuelto el problema sobre qué “es el tiempo”, sobre su naturaleza?, ¿podemos afirmar que el tiempo es una entidad física?

El trabajo de Gödel deja claro que a partir de la TRG no es posible deducir un concepto preciso del tiempo lineal, dadas las soluciones de las ecuaciones de campo que éste encontró. Sin embargo, a partir de la TRG, ¿estamos en condiciones de afirmar que el tiempo tiene una realidad objetiva?, ¿deja de tener un aspecto controversial el concepto de tiempo en la TRG? Como menciona Shahen Hacyan (2004): “Gödel retoma la idea de Kant de que el tiempo no es más que una forma de percepción. En particular, argumenta que la teoría de la relatividad elimina la noción de un tiempo absoluto y el concepto de simultaneidad, lo cual, para Gödel, es una evidencia de que el tiempo no tiene una realidad objetiva.” (p. 195-6) Quizá, el único problema con el trabajo de Gödel, tiene que ver con la posibilidad o imposibilidad del

universo que representan sus soluciones. Aún así, su trabajo permite identificar que la pregunta sobre la realidad objetiva del tiempo no está del todo resuelta. Entonces: ¿queda aún lugar para Kant?

V.3.2 ¿Es geométrica la naturaleza del espaciotiempo?

La entidad espaciotiempo puede entenderse como uno de los grandes triunfos de la física moderna, pues ha permitido, entre muchas cosas, configurar una visión distinta de la realidad física. Para muchos, el espaciotiempo es una entidad real, tal como cualquier otra entidad de la física, aunque cabe señalar que sigue habiendo innumerables controversias acerca de precisamente “qué tipo de entidad es el espaciotiempo”, de si éste puede considerarse con características similares a las de cualquier otra entidad física. Por ello, una pregunta de fondo surge aquí: ¿el espaciotiempo interactúa con la materia, con los objetos físicos?, ¿es una entidad material?

En esta parte, comenzaremos por enunciar algunas de las problemáticas más comunes en torno a la naturaleza del espaciotiempo. Una vez enunciadas sucintamente, intentaremos analizarlas frente al contexto del presente capítulo: el problema ontológico del espacio y el tiempo, la pregunta sobre si éstos son o no “entes del mundo”. Nuestro análisis se remitirá a la obra de ciertos autores, sin embargo, eso no significa que compaginemos con las ideas de algunos de éstos, sólo nos servirá para ubicar el estado de la cuestión.

1) ¿La estructura geométrica del espaciotiempo define su naturaleza? Es decir, ¿la TRG da un sentido óntico a la geometría?

Por ejemplo, en su artículo: “What can geometry explain?” Graham Nerlich (1994) se cuestiona inicialmente acerca del poder explicativo del espacio, o del espaciotiempo, en la física, en términos de si éstos en sí mismos son causales. Lo anterior

implicaría, entre otros aspectos, que existe a su vez una orientabilidad³⁷³ intrínseca de carácter causal. La respuesta de Nerlich resulta ser negativa. De esta forma, el autor se introduce en la cuestión acerca de la naturaleza de la geometría, y su aplicación a la física, dado que una teoría como la TRG posee una base conceptual geométrica.

Cabe aclarar que los argumentos de Nerlich resultan un poco controversiales, sobre todo en cómo éste resalta varios aspectos relacionados con la geometría del espacio, y que el autor cree implícitos:

- a) Un espacio de curvatura cero necesita de una explicación causal (a partir de fuerzas) para a su vez explicar el cambio en el movimiento de los cuerpos³⁷⁴. (Lo anterior llega a insertarse en el tipo de problemas tratados en el capítulo anterior, donde algunos autores le inhieren aspectos físicos a la geometría, para lo cual tuvimos oportunidad de dar argumentos en contra de tal consideración).
- b) Un espacio con curvatura variable, prescinde de una explicación causal³⁷⁵ para explicar el cambio en el movimiento de los cuerpos. En espacios con curvatura variable, la misma variación de la curvatura³⁷⁶ “provoca un desplazamiento”. Así, Nerlich considera que la estructura del espacio juega un rol en la descripción del movimiento de los cuerpos.
- c) En el espaciotiempo, de curvatura variable, lo que podría entenderse que causa el movimiento de los cuerpos es el campo gravitacional³⁷⁷. Y asimismo: “La distribución de la materia constriñe la curvatura del espaciotiempo..., la

³⁷³ En el contexto de la TRG, el que la variedad diferencial M sea orientable, implica una “orientabilidad causal en el tiempo”. Lo anterior está relacionado con lo que en la TRE se conoce como “cono de luz” para cada punto espaciotemporal.

³⁷⁴ Esta tesis de Nerlich es sumamente cuestionable, ya que le otorga ciertos aspectos de los fenómenos físicos, como la causalidad, a una representación geométrica como la euclidiana, que de entrada carece de cualquier carácter físico, pues es meramente una disciplina matemática.

³⁷⁵ Esta idea está relacionada con la postura de diversos autores en cuanto a que la TRG prescinde de una explicación causal para explicar el movimiento de los cuerpos, sin embargo, tal interpretación ha resultado, de una u otra forma, ser controversial.

³⁷⁶ Cabe aclarar que el espaciotiempo de Schwarzschild posee curvatura constante, y la curvatura provoca un movimiento de los cuerpos.

³⁷⁷ No puede aceptarse del todo tal afirmación, dado que, por ejemplo, el espaciotiempo de Schwarzschild tiene curvatura constante, y a su vez, cumple con la explicación de cómo en la TRG los cuerpos se desplazan debido a la curvatura del espaciotiempo.

materia puede ser distribuida solamente como la estructura del espacio o el espaciotiempo lo permite.” (Nerlich 1994, p. 182)³⁷⁸

- d) Finalmente, para Nerlich no hay un rol causal³⁷⁹ para explicar el desplazamiento de un cuerpo en el espaciotiempo, y tal que la trayectoria que describe éste es una geodésica. Por tanto: “La forma correcta para ver la TRG es como una teoría de campo.” (*Íbidem*)

Con todo lo anterior, habrá que entender que el autor “libra” ciertas problemáticas, sobre todo en relación con si una estructura geométrica intrínseca del espaciotiempo, que la TRG plantea, podría implicar que precisamente, el espaciotiempo interactúa con la materia. Pues entiende a la TRG como una teoría de campo. Esto, a su vez, implicaría la cuestión de si el campo gravitacional puede considerarse una especie de “objeto material”; a este tenor el mismo autor comenta:

Claro que, el campo puede ser considerado como material solamente en un sentido de algo atenuado, y no puede haber lugar a dudas de que las teorías de campo³⁸⁰ han cambiado nuestros conceptos de lo material y lo físico. Por lo tanto, eso no significa claramente que describir al espaciotiempo como un campo material logre un material entendimiento del espacio o del espaciotiempo, más bien de una geométrica extensión del concepto de materia. (Nerlich 1994, p. 184)³⁸¹

Parecería que para Nerlich y otros (Friedman (1987), Maudlin (2014)), es suficientemente claro lo que la geometría es y explica en el contexto de la TRG. Aunque, entrando en el debate de si dicha teoría le da una condición óptica a la

³⁷⁸ “The distribution of matter constrains spacetime curvature..., matter can be distributed only as the structure of space or spacetime permits.”

³⁷⁹ Ver el inciso a).

³⁸⁰ Un campo en física, corresponde a cierta distribución espacial de una magnitud física en una determinada región. La representación de un campo se realiza mediante una función matemática que tiene un valor específico en cada punto del espacio. Se considera por tanto que los campos físicos evolucionan temporalmente, a la vez de que cambian espacialmente, por lo que sus ecuaciones de movimiento resultan ser en derivadas parciales. Ejemplos de campos son: el campo eléctrico; el campo electromagnético; el campo gravitacional; etc.

³⁸¹ “Of course, the field can be regarded as material only in a somewhat attenuated sense and there can be little doubt that field theories have changed our concepts of the material and the physical. Hence, it is by no means clear that to describe spacetime as a material field accomplishes a material understanding of space and spacetime rather than a geometrical extension of the concept of matter.”

geometría, se tendría que aceptar que: “Más bien, la gravitación existe porque el espaciotiempo interactúa con la materia en una forma predicha por la teoría. Las ecuaciones de campo de Einstein —el núcleo teórico de la TRG— describen la influencia de la materia sobre la geometría del espaciotiempo. ¿Es ésta la imagen de la realidad que la TRG transmite?” (Rey 2012, p. 1) Atendiendo a la última cuestión, algunos autores, al igual que Nerlich, afirman que lo mejor que puede hacerse es entender a dicha teoría como una teoría de campo (ver por ejemplo Rovelli (2006)).

A pesar de los esfuerzos de Nerlich y otros autores en interpretar a la TRG como una teoría de campo, y con lo cual, según ellos, se librarían los inconvenientes formales en cuanto a la pregunta fundamental de si el espaciotiempo, entendido geoméricamente, es una entidad que interactúa con la materia, sigue habiendo diversos inconvenientes.

En efecto, una interpretación de la TRG de este tipo sigue atendiendo a la cuestión sobre la existencia o no de “entidades teóricas”; además, el carácter geométrico del espaciotiempo, más el campo gravitacional, representado por el tensor métrico $g_{\mu\nu}$, se inserta en la misma problemática sobre si la TRG le da un sentido óntico a la geometría, y de ahí todas las problemáticas que esto traería a colación. Con todo lo anterior, no podemos aceptar del todo las ideas de Nerlich sobre el carácter de la geometría.

Tomemos el problema desde un tratamiento formal, en relación con lo que se conoce como “Teorías de norma”, el tipo de teorías en las que las simetrías juegan un rol central en la determinación del contenido físico³⁸². Lo que nos ayudará a dar una respuesta parcialmente negativa a la cuestión de si la TRG le da un sentido óntico a la geometría, y de ahí, sostener nuestra idea de que tal teoría no resuelve completamente el problema sobre la naturaleza del espacio y el tiempo.

En su artículo “Geometry as an object of experience: Kant and the missed debate between Poincaré and Einstein”, Shahen Hacyan (2008) trae a colación un resultado teórico obtenido por Ryu Utiyama (1956) en relación con la TRG. En tal

³⁸² Actualmente, es por demás aceptado el hecho de que la TRG es una teoría gauge, lo mismo que el electromagnetismo. El punto que se desea señalar en esta parte tiene que ver con un resultado específico en relación con el formalismo de la TRG.

artículo, Utiyama mostró que la TRG es una “teoría de norma” (gauge theorie), asociada al grupo de Lorentz, y tal que da pauta a identificar que el lenguaje descriptivo de la TRG no es único, pues puede considerarse al campo gravitacional como una variedad riemanniana (enfoque geométrico) o como un “campo normado”. Todo esto llevaría a preguntarnos: ¿la descripción del espaciotiempo en términos geométricos, implica una condición intrínseca para entender la naturaleza del espaciotiempo, y de ahí, del espacio, del tiempo? Así, sin entrar en los detalles técnicos, siguiendo a Hacyan, el resultado de Utiyama se enfoca en:

- a) Desarrollar la deducción de las ecuaciones de campo de Einstein en el contexto de una “teoría de norma”. El mismo autor nos dice: “Las teorías gauge (normadas) están basadas en dos conceptos matemáticos fundamentales, desarrollados alrededor del siglo XIX: los espacios matemáticos abstractos y la teoría de grupos continuos de transformaciones.” (Hacyan 2008, p. 7)³⁸³ Los espacios abstractos pueden definirse sin apelar a sistemas de coordenadas; los grupos continuos de transformaciones en espacios abstractos, generalizan los conceptos de rotación y traslación de cuerpos materiales, en atención a las reglas del movimiento en espacios euclidianos o no euclidianos. Lo importante es que puede obtenerse una generalización del movimiento (global), es decir, las ecuaciones dinámicas, a partir de una simetría particular (local), que puede ser descrita en un álgebra no conmutativa³⁸⁴, que forma un grupo de Lie³⁸⁵.
- b) De lo anterior, la formulación de Utiyama mostró que puede darse una correspondencia entre el “Tensor de Riemann” y un campo tensorial \mathbf{A} en el espacio abstracto, y derivar de aquí las ecuaciones de campo de Einstein.
- c) Lo que implicaría, entre otras cosas, que el lenguaje descriptivo (geométrico), con el que se presentan las ecuaciones de campo de Einstein, no es el único

³⁸³ “Gauge theories are based on two fundamental mathematical concepts developed throughout the XIX century: abstract mathematical spaces and the theory of continuous groups of transformations.”

³⁸⁴ Un álgebra conmutativa es una rama de las álgebras abstractas, enfocada al estudio de los anillos conmutativos, esto es, estructuras algebraicas donde pueden definirse operaciones conmutativas entre los elementos de dicha estructura.

³⁸⁵ Un grupo de Lie es una variedad diferenciable real o compleja con estructura de grupo, tal que se definen las operaciones de producto e inversa como funciones diferenciables o analíticas.

posible. En efecto, el campo gravitacional puede considerarse como una variedad riemannianna o como un campo normado.

- d) De aquí que puede especularse acerca de si la geometría “intrínseca” con que suele describirse la realidad, configurada por la TRG, realmente es la explicación verdadera, entre otras cosas, de la naturaleza del espaciotiempo, y de ahí derivar las nociones de espacio y tiempo, o sólo es un “modelo de mundo” más. Dado que la explicación del campo gravitacional como un campo normado también sería un “modelo de mundo” más.

Lo que deseamos señalar aquí es que el resultado de Utiyama permite sustentar la cuestión: ¿la geometría es la descripción verdadera del espaciotiempo físico, y por tanto, ésta adquiere un sentido óntico? Tal como lo han afirmado autores como Friedman (1987) o Maudlin (2014): la estructura intrínseca objetiva del espaciotiempo es una estructura geométrica cuatridimensional (una variedad riemanniana).

Dados los resultados de Utiyama, se podría decir que la geometría, en el contexto de la TRG, no posee una condición necesaria para explicar el mundo, de aquí, se podrían retomar incluso las ideas de Poincaré (ver capítulo IV), sobre que apelar a la geometría no euclidiana para describir el espacio físico sólo es un asunto de convención, como bien lo reformula Shahen Hacyan en su artículo.

Finalmente, lo que queremos señalar es que aceptamos la importancia y el poder explicativo de la TRG, y todo lo que nos ha llevado a comprender; sobre todo los diversos aspectos del tiempo, y la explicación de la gravedad por medio de la geometría del espaciotiempo, que es sumamente importante. Sin embargo, la cuestión de si precisamente, por medio de su aspecto geométrico, la TRG está dando una respuesta al problema ontológico sobre el espacio y el tiempo, no es, del todo, un problema resuelto.

Los aspectos de la TRG a nivel experimental, por ejemplo, corresponden a lo que hemos llamado una “ontología de la experiencia” (ver capítulo III), de carácter kantiano, análogamente a una “ontología de la experiencia” en el contexto de la física newtoniana. Y por lo visto en este apartado, de nuevo: la TRG no resuelve el

problema sobre la naturaleza del espacio y el tiempo, en términos de la entidad espaciotiempo, y su carácter geométrico. Recordemos que, con respecto a la existencia o no de entidades geométricas, Kant es contundente, como lo deja ver en un pasaje de *Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza (MAN)*: “La esencia es el principio primero e interior de todo lo que pertenece a la posibilidad de una cosa. Por lo tanto, uno puede atribuir a las figuras geométricas sólo una esencia, pero no una naturaleza (puesto que en su concepto no es pensado nada que exprese una existencia [Dasein]).” (IV, 467) En este sentido, y dada la coherencia del sistema kantiano, Kant considera al espacio geométrico como aquel que permite llevar a cabo una representación estructurada del espacio material o físico, pero no precisamente está postulando la existencia de una estructura espacial geométrica, como naturaleza de lo que sería el espacio físico, no está afirmando que la estructura espacial euclidiana sea un ente físico, que exista (ver capítulo III).

2) Dado que en la TRG, cada punto espaciotemporal define un evento, ¿los puntos espaciotemporales poseen una realidad objetiva?, es decir, ¿dichos puntos espaciotemporales poseen una individuación, una hecceidad?, y de aquí: ¿se sostiene un substancialismo en la TRG o habrá que aceptar un relacionismo?

Las preguntas anteriores están enraizadas en la cuestión fundamental sobre el estatus ontológico de los puntos espaciotemporales. Así, uno de los aspectos clave, relacionado con esta problemática, tiene que ver con el carácter determinista de la TRG. Esto es:

- Si la TRG es una teoría determinista, entonces,
- Todo punto espaciotemporal debe estar bien determinado, y atender a un aspecto causal, aunque,
- Dentro del contexto formal de la teoría, existen ciertos aspectos, como el “Argumento del agujero”, tal que nos podrían conducir a aceptar el carácter no determinista de la teoría, entre otras consecuencias, como su no substancialismo.

El “Argumento del agujero” será tratado en el siguiente apartado. Aquí quisiéramos señalar ciertos aspectos que van de la mano con el hecho de que “si un punto espaciotemporal está bien determinado”, implicaría que puede asociarse a cierto aspecto de la realidad física, es decir, establecer un isomorfismo entre lo que constituye un fenómeno físico “observable”, predicho por la TRG, y lo que dicho punto espaciotemporal, en su carácter meramente geométrico, puede representar. En este sentido surge la cuestión: ¿qué representa un punto espaciotemporal? (ver Brown (2005))

En el tenor anterior, se lleva a cabo una asociación, por ejemplo, entre un conjunto de números, representados por las coordenadas, y alguna propiedad de cierta entidad física, digamos una partícula en movimiento. ¿Los números, en conjunto, adquieren un sentido óntico? Éstos permiten tener un control empírico sobre diversos fenómenos, pero sería un tanto rígido pensar en un isomorfismo, en una representación literal entre la entidad matemática y el fenómeno físico. De nuevo, ¿qué representa entonces un punto espaciotemporal?, ¿por qué cada punto espaciotemporal es equivalente a otro bajo alguna transformación, bajo un difeomorfismo?, ¿todo punto de la variedad diferencial, es decir, un punto espaciotemporal, representa una realidad objetiva?

Supongamos que se establecen las soluciones de las ecuaciones de campo de Einstein en atención a una métrica específica, digamos la métrica de Schwarzschild (ver capítulo III, y la sección V.2); y una solución apelando a las formas diferenciales, en espacios abstractos, como lo mencionado en el apartado anterior. Resulta evidente que, desde el contexto de la TRG, ambas soluciones deben ser equivalentes, aunque, ¿ontológicamente, los puntos espaciotemporales son uno y el mismo? Cabe señalar que, en términos generales, diferentes formulaciones de una teoría, tienen asociadas, en principio, diferentes ontologías. Por tanto, ¿hay una individuación propia de cada punto espaciotemporal? Una respuesta inmediata sería decir que la TRG es una teoría que “habla acerca de fenómenos y que da explicaciones lo más aproximadas a la realidad”, pero entonces: ¿por qué postula la existencia de la entidad espaciotiempo?, ¿por qué un conjunto de

puntos en el espaciotiempo geométrico, pueden considerarse como representando regiones del espaciotiempo físico?

Como menciona Harvey Brown (2005):

Es común encontrar en las discusiones sobre el principio de covarianza general en la teoría de la relatividad general de Einstein, la afirmación de que las coordenadas asignadas a eventos son meramente etiquetas. Desde la física, o el objetivo paisaje de eventos, no pueden depender del etiquetado de sistemas que escogemos para distinguir eventos, eso parecería seguirse que en su más fundamental forma las leyes de la física deberían ser coordenadas-generales, o ‘generalmente covariantes’ como usualmente se expresa. (p. 11)³⁸⁶

Siendo así, las simetrías, los sistemas coordenados, las transformaciones, etc., deben a su vez “expresar” las leyes físicas asociadas a la teoría. ¿No es esto dotar de un sentido óntico a los sistemas coordenados propios de la misma teoría, asimismo, a los puntos espaciotemporales, a pesar de que, como menciona Einstein, sean meras etiquetas? Claro, en la TRG, muchos consideran que la asociación de un “evento” a un punto espaciotemporal es algo así como una idealización, pues habría que distinguir entre “la localización de un objeto material, por medio de un “punto espaciotemporal”, y el evento en sí, visto sólo desde un enfoque coordenado, por ejemplo. La situación enraíza problemas de fondo, cuyo análisis no es posible llevar a cabo aquí. Sin embargo, podemos señalarlos:

- El de la flecha temporal, en cuanto a si cada punto espaciotemporal tiene o no una orientación temporal, y cómo, teóricamente, son posibles curvas cerradas de tiempo en la TRG (ver la subsección V.3.1).
- Si la variedad espaciotiempo de la TRG, representa un “continuo físico”. Esto es, ¿todas las soluciones isométricas de las ecuaciones de campo son equivalentes, con total equivalencia de cada punto espaciotemporal definido en una u otra métrica?, y

³⁸⁶ “It is common in discussions of the principle of general covariance in Einstein’s general theory of relativity to find the claim that coordinates assigned to events are merely labels. Since physics, or the objective landscape of events, it would seem to follow that in their most fundamental form the laws of physics should be coordinate-general, or ‘generally covariant’ as it is usually put.”

de aquí: ¿existe un isomorfismo entre dicho continuo físico y la variedad diferencial utilizada para representarlo?

- ¿El espaciotiempo tiene una naturaleza continua o discreta? Esta última cuestión está ubicada en desarrollos teóricos contemporáneos como Quantum Gravity (ver Hagar (2014)).

Por ejemplo, Einstein³⁸⁷ consideró que el problema no es si los puntos espaciotemporales de la TRG existen o no, dado que el principio de covarianza da cuenta de una equivalencia entre sistemas de coordenadas, a la vez de la equivalencia de las leyes, pasando a segundo término dicho problema.

Asimismo, para algunos autores la TRG es una teoría de campo (ver, por ejemplo, Rovelli (2006)), cuyo elemento representativo es el tensor métrico, a la vez que la entidad fundamental es el campo gravitacional, no la variedad espaciotiempo (M). Sin embargo, ¿por qué es tan efectiva la caracterización de los fenómenos físicos en “eventos”, etiquetando a éstos como puntos espaciotemporales en una variedad? Entonces: ¿los puntos espaciotemporales existen?, ¿no acaso el campo gravitacional, al ser representado por el tensor métrico, tiene en sí mismo un carácter geométrico?

3) Si el espaciotiempo, a como es configurado por la TRG, es una entidad física, entonces: ¿actúa o no sobre la materia? Uno de los grandes logros, según Einstein, de la teoría de la relatividad general, es que dicha teoría daba cuenta del principio de acción-reacción, hecho que ni la teoría de Newton, ni la TRE lograban (ver Norton (1987)). Sin embargo, el punto del presente apartado tiene que ver con el hecho de

³⁸⁷ *Cfr.* “The introduction of a system of reference serves no other purpose than to facilitate the description of the totality of such coincidences. We allot to the universe four space-time variables x_1, x_2, x_3, x_4 , in such a way that for every point-event there is a corresponding system of values of the variables $x_1 \dots x_4$. To two coincident point-events there corresponds one system of values of the variables $x_1 \dots x_4$, i.e. coincidence is characterized by identity of the coordinates. If, in place of the variables $x_1 \dots x_4$, we introduce functions of the x'_1, x'_2, x'_3, x'_4 , as a new system of coordinates, so that the systems of values are made to correspond to one another without ambiguity, the equality of all four coordinates in the new system will also serve as an expression for the space-time coincidence of the two point-events. As all our physical experience can be ultimately reduced to such coincidences, there is no immediate reason for preferring certain systems of coordinates to others, that is to say, we arrive at the requirement of general covariance.” (Einstein 1916, p. 117-8)

que, si el espaciotiempo es considerado como un cierto tipo de sustancia física, éste debe entonces interactuar con las demás sustancias, cumpliendo con el principio de acción-reacción; o si, como es considerado por la mayoría de los autores (ver Dorato (2008), con respecto al debate substancialistas vs relacionistas), no es un tipo de sustancia, y más bien, su naturaleza es relacional, y lo que existe es el campo gravitacional. Aún así: ¿por qué el espaciotiempo, al curvarse, posibilita un movimiento de los objetos, describiendo éstos una geodésica?, ¿acaso esto último no es un ejemplo simple de que está interactuando con los objetos? Quizá sería más fructífero, independientemente de considerar una naturaleza substancial o relacional del espaciotiempo (esto lo trataremos en la siguiente subsección), decir que el espaciotiempo es más bien un “elemento instrumental” de la TRG, y por tanto, éste no se refiere a alguna entidad del mundo. Si se acepta lo anterior, entonces habría lugar para sostener una postura kantiana, puesto que como hemos afirmado, para Kant, espacio y tiempo no son “entes del mundo”. Esto da una posible respuesta al problema ontológico sobre el espacio y el tiempo.

4) Problema metacientífico: ¿Debemos juzgar a la TRG como aquella teoría verdadera sobre la naturaleza y estructura del espaciotiempo, o como una teoría que sólo resuelve problemas que ayudan a entender, explicar fenómenos físicos que involucran propiedades del espacio y el tiempo, pero no da cuenta de su verdadera naturaleza? Una primera respuesta la dimos en el Capítulo III, donde pudimos establecer el concepto de “ontología de la experiencia”, de carácter kantiano, y llegamos a mostrar que efectivamente, la TRG cumple con las características de una “ontología de la experiencia”. De aquí, un primer acercamiento a dar una respuesta a la cuestión es que la TRG es una teoría de la física que da cuenta de ciertas propiedades sobre el espacio y el tiempo, en términos de la entidad espaciotiempo, pero no precisamente resuelve el problema sobre su naturaleza, sobre lo que realmente son el espacio y el tiempo. Lo que nos llevaría por una vía pluralista, es decir, un pluralismo ontológico sobre el espacio y el tiempo. Problema que trataremos en detalle en la sección V.5 y última del presente capítulo.

V.3.3 El “Argumento del agujero”.

El “Argumento del agujero” fue ya identificado por el mismo Einstein³⁸⁸. Así, en su famoso artículo “What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story”, John Earman y John Norton (1987) establecen una reformulación del argumento: si una teoría de espaciotiempo como la TRG, acepta un substancialismo de la variedad diferencial M , entonces debe aceptar a su vez un indeterminismo, todo ello considerando un difeomorfismo tipo gauge (ver la sección anterior). A grandes rasgos, el procedimiento seguido por Earman y Norton en su artículo, y para nuestros intereses, es como sigue:

- Toda teoría de espaciotiempo, como la TRG, puede caracterizarse en términos de modelos de espaciotiempo (ver sección V.2). Un modelo es una variedad cuatridimensional diferenciable M , junto con un conjunto de objetos geométricos definidos en cada punto de la variedad; y tal que en un modelo específico, dígame: $\langle M, g_{\mu\nu}, T_{\mu\nu} \rangle$ en la TRG, se satisfacen un conjunto de ecuaciones que, para el caso referido, corresponden a las ecuaciones de campo de Einstein.

- *Gauge Theorem*. (Covarianza general): Si $\langle M, g_{\mu\nu}, T_{\mu\nu} \rangle$ es un modelo local de espaciotiempo para la TRG, y d es un difeomorfismo, entonces $\langle M, d^*g_{\mu\nu}, d^*T_{\mu\nu} \rangle$, también ha de ser un modelo de la teoría. Formalmente, debe haber una correspondencia 1-1 entre el difeomorfismo sobre M y la transformación de coordenadas en un sistema coordenado particular de M , es decir, el difeomorfismo mapea un punto p en un punto d^*p .

- *Hole corolario*. Sea T un modelo de una teoría de espaciotiempo, digamos, $T = \langle M, g_{\mu\nu}, T_{\mu\nu} \rangle$ para la TRG, con una H (hole), una vecindad de M . Entonces, existen arbitrariamente muchos distintos modelos de la teoría sobre M (uno puede ser $T' = \langle M, d^*g_{\mu\nu}, d^*T_{\mu\nu} \rangle$), los cuales difieren uno a uno *solamente* en H (digamos que por ejemplo dos modelos son equivalentes afuera y en la frontera de la vecindad, pero no adentro). Recordemos que una condición en la TRG, es que todos los modelos relacionados por difeomorfismos deben ser equivalentes.

³⁸⁸ Nos referimos aquí a un trabajo de Einstein de 1913, ver Einstein (2005).

- La consecuencia de esto, según los autores, es que (a) se acepta un radical indeterminismo local en la TRG o, (b) se niega el substancialismo de la variedad.

A pesar de esto último, basta señalar que los inconvenientes del “Argumento del agujero” tienen que ver con las posibilidades empíricas de sus consecuencias. Además, lo que experimentalmente resulta ser medible es el tensor de Riemman, no el tensor métrico, siendo el primero el que determina la estructura del espaciotiempo.

Ahora bien, los autores tienen suficiente cuidado en aclarar que, de principio, no se están apegando a una postura relacional del espaciotiempo. Las consecuencias de la polémica substancialistas vs relacionistas serán tratadas en la siguiente sección. Además, el resultado puede usarse a su vez en el contexto de la existencia o no de los puntos espaciotemporales, que ya tratamos anteriormente.

Los intereses de Earman y Norton van más dirigidos a sí, por ejemplo, el indeterminismo planteado por dicho argumento impacta directamente en los aspectos empíricos de la TRG.

El “Argumento del agujero” ha sido tratado por diversos autores, muchos de éstos se han dado a la tarea de refutarlo o tratar de señalar sus “debilidades”. Así, Tim Maudlin (2014) afirma: “El meollo del argumento del agujero es evidentemente una propuesta metafísica a profundidad.” (p. 233) El punto es que Maudlin considera que el tratamiento de Earman y Norton nada tiene que ver con aspectos empíricos, pues según el autor sólo es una situación posible, por algo su carácter metafísico. A este mismo tenor, para Jeremy Butterfield (1989) son “meras representaciones matemáticas”, y no pueden representar situaciones “metafísicamente distintas”, de nuevo, por su falta de consistencia empírica. Sin embargo, ¿no debe haber acaso una completa consistencia del principio de covarianza en la TRG para modelos consistentes de la teoría?, ¿realmente impacta negativamente en la TRG el hecho de que exista un cierto indeterminismo, aun cuando esto no implique posibilidades empíricas? Más cuando, curiosamente, desde el punto de vista empírico, se utilizan indistintamente mecánica cuántica (una teoría no-determinista) y la TRG (en principio

determinista) para ciertas contrastaciones experimentales (ver el capítulo III). Finalmente, el mismo Maudlin³⁸⁹ afirma: “Aun así, el argumento podría ser la inspiración de una explicación radicalmente nueva del espacio y el tiempo que sea inmune a las impugnaciones. Hasta la fecha, ninguna alternativa semejante ha surgido. El tiempo se pronunciará al respecto.” (*Ibidem*, p. 236) Dado el contexto de la presente tesis, no podemos estar, en cierto sentido, más de acuerdo con Maudlin, con respecto a una posible nueva explicación del espacio y el tiempo.

En un tenor un poco distinto, Graham Nerlich (1994) afirma que: “De cualquier manera que interpretemos el argumento, no encontramos fuertes razones para abandonar el realismo.” (p. 206)³⁹⁰ El autor, mediante un cierto “artificio argumentativo”, pone el ejemplo de regiones en el espaciotiempo donde el tensor de energía-momento es cero ($T_{\mu\nu}=0$), y tal que, formalmente, existen muchas soluciones de las ecuaciones de campo, y además: “Hay arbitrariamente pequeñas regiones vacías de un espaciotiempo, con las cuales los campos podrían variar sus locaciones en la variedad, sin perturbar alguna otra relación, ya sea con o más allá del agujero.” (*Ibidem*, p. 211)³⁹¹ Añadamos que una de las soluciones de las ecuaciones de campo es el espaciotiempo de Minkowski, donde quizá no es posible, de principio, definir un “difeomorfismo del agujero”. Sin embargo, parte de los argumentos de Nerlich siguen estando al nivel teórico: “La posición defendida en este artículo, entonces, es realista acerca del espaciotiempo como parte de la ontología de las teorías en general de espaciotiempo; es substancialista acerca de tales estructuras como la métrica, la afinidad y similares, realista pero no substancialista acerca de las propiedades de la variedad.” (*Ibidem*, p. 212)³⁹² Es decir, en cierto sentido, Nerlich ubica el “Argumento del agujero” en el contexto del substancialismo sobre el espaciotiempo, no en

³⁸⁹ Maudlin comenta en su obra una respuesta al argumento dado por Carl Hoefer y Nancy Cartwright (1994) en su artículo: “Substantivalism and the Hole Argument”, en donde los autores aceptan el indeterminismo, pero argumentan que éste es inofensivo, puesto que puede haber situaciones físicamente posibles, una sin transformar y la otro mediante el “difeomorfismo del agujero”, los experimentos que pudieran idearse para identificar cada una de las situaciones tendrían observaciones distintas, según ellos.

³⁹⁰ “Whichever way we interpret the argument, we find no strong reason to abandon realism.”

³⁹¹ “So there are arbitrarily small empty regions of any spacetime within which the fields may vary their manifold locations without perturbing any other relations either within or beyond the hole.”

³⁹² “The position defended in this paper, then, is realism about spacetime as part of the ontology of spacetime theories generally; it is substantivalist about such structures as the metric, the affinity and the like, realist but not substantivalist about manifold properties.”

términos del indeterminismo, como sí lo hicieron Earman y Norton. Finalmente, el argumento de Nerlich se inserta en el debate sobre el realismo del espaciotiempo, el cual lo trataremos en la siguiente sección.

De una u otra forma, por lo visto hasta aquí, el “Argumento del agujero” puede tratarse más fructíferamente en el debate sobre el realismo del espaciotiempo, a pesar de que puede usarse independientemente de éste para dar cuenta de algunas de las problemáticas tratadas tanto en la presente sección como en la anterior. Nuestra postura sigue sosteniéndose: ¿hay suficientes argumentos, en el contexto de la TRG, para afirmar la existencia del espaciotiempo, y de ahí, predicar naturaleza sobre el espacio y el tiempo? Como hemos visto, los problemas existentes son, sobre todo, de unicidad.

V.4 El realismo sobre el espaciotiempo. El debate substancialistas vs relacionistas.

If we agree in stipulating that “**spacetime exists iff the physical world exhibits the corresponding spatiotemporal structure**”, I would like to press the point that the empirical success of our spacetime models do raise an important *ontological* question (“does spacetime exist?”).

Mauro Dorato
“Is Structural Spacetime Realism Relationism in Disguise?
The Supererogatory Nature of the Substantivalism/Relationism Debate”.

Hablar sobre realismo científico no resulta ser una empresa sencilla, más cuando tradicionalmente conviven distintas posturas, cada una con su particular perspectiva y consistencia³⁹³. En la presente sección, no es nuestro objetivo indagar alrededor de si la TRG es una teoría verdadera. Algunas problemáticas que giran en torno al “realismo sobre las teorías” serán tratadas en la próxima sección. Lo que en la presente sección nos interesa es lo que se denominaría “un realismo sobre entidades”, esto es, en nuestro contexto, lo que gira en torno de si la entidad básica de la TRG, el espaciotiempo, es una “entidad real”, y de ahí: ¿cuál es su naturaleza?

³⁹³ Ver Hacking (1996), donde el autor hace una revisión sustanciosa de diversas posturas realistas.

Dicho realismo será tratado alrededor del debate entre substancialistas y relacionistas del espaciotiempo.

A lo largo del presente capítulo, hemos tenido la oportunidad de indagar sobre ciertos aspectos y problemáticas relacionados con la TRG, sobre todo en torno a la entidad espaciotiempo. En este sentido, podríamos afirmar que dichos aspectos dieron cuenta, de una u otra forma, a parte de las siguientes cuestiones:

- ¿El espaciotiempo es una entidad física?, si lo es, ¿es única, cumple con el principio de identidad?
- El espaciotiempo, como entidad única, ¿permite establecer una naturaleza específica del espacio, del tiempo, o éstos pierden unicidad al postular una única entidad?
- ¿El espaciotiempo posibilita relaciones entre objetos?
- El espaciotiempo, si existe, ¿constituye una entidad material, y por tanto, interactúa con los objetos?
- ¿Podemos percibir, experimentar al espaciotiempo?
- ¿Qué clase de entidad física resulta ser el espaciotiempo?
- ¿La naturaleza del espaciotiempo se define en términos de su estructura, es decir, posee una naturaleza meramente geométrica?
- ¿Existen los puntos espaciotemporales como entidades físicas?

Así, tratar de responder a algunas de estas preguntas implica centrarse en una cuestión fundamental: ¿el espaciotiempo es una entidad real? De principio, el problema del realismo sobre el espaciotiempo está planteado alrededor de: ¿qué tipo de entidad es el espaciotiempo?, ¿cuál es su naturaleza? De esto, tenemos dos respuestas:

- (1) El espaciotiempo es una substancia. La variedad diferencial M postulada por la TRG es dicha substancia, y tiene una existencia real. (Visión substancialista).

(2) El espaciotiempo es una relación entre substancias. La variedad diferencial M sólo es una “etiqueta”, lo que existen son materia y campos, como el campo gravitacional, representado por el tensor métrico $g_{\mu\nu}$. (Visión relacionista).

Alrededor de estas concepciones³⁹⁴, un autor como Rynasiewicz (1996) afirma que dicha disputa está algo así como anticuada, pues con la llegada de la “teoría de campos”, específicamente lo que el autor llama la “visión electromagnética de la naturaleza”, dicha disputa, a la sazón de como la plantearon Leibniz y Clarke, ha quedado obsoleta. De igual opinión sobre el debate es Carl Hoefer (1998), aunque el autor considera que tal vez podría tener más significación en el contexto de posibles teorías como la gravedad cuántica (Quantum Gravity), quizá debido a que en tal enfoque se plantea la posibilidad de considerar un espaciotiempo de carácter discreto. Cabe decir que Rynasiewicz puede considerarse inclinado hacia una postura substancialista del espaciotiempo, pues asimismo afirma que hay que distinguir muy bien entre espaciotiempo y materia, es decir, entre “contenedor” y “contenido”. A su vez, Hoefer puede considerarse relacionista, pues precisamente da más importancia al campo gravitacional (con Rovelli (2006)).

Sea una u otra postura, cada una de éstas posee sus propios fundamentos:

- Si se es substancialista: Friedman (1987), Maudlin (2014), Rynasiewicz (1996); habrá que postular una estructura geométrica intrínseca del espaciotiempo, y a su vez, considerar plenamente realizado el principio de covarianza, donde las estructuras, las transformaciones, etc., preservan las leyes físicas, además de postular identidad física a los puntos espaciotemporales; se debe negar también el “Argumento del agujero”; y darle un sentido óptico a la geometría, etc. Ya hemos tratado algunos inconvenientes de estas posturas (ver sección V.3). En esta

³⁹⁴ Mauro Dorato (2000, 2008) ha propugnado por un enfoque de realismo estructural, en cuanto a que según el autor, puede sustentarse un relacionismo de tipo realismo estructural para el espaciotiempo; de forma similar un autor como John Stachel (2002) se ha inclinado por un realismo estructural de espaciotiempo. En un tenor tanto radical, D. Lehmkuhl (2008) ha planteado lo que él llama *egalitarian interpretation* of GTR, la cual, según el autor, puede resultar incompatible, bajo ciertos matices, con un enfoque geométrico y de campo. Las problemáticas sobre estos tipos de realismos sobre el espaciotiempo rebasan los alcances de la presente tesis, aquí nos interesa sólo ubicar el debate en sus términos más generales, que es precisamente la interpretación substancialista y la relacionista de la TRG.

interpretación, los cuerpos se mueven describiendo una geodésica, la cual se debe precisamente a la presencia de materia-energía, que constriñe al espaciotiempo a curvarse, por lo que existen a su vez ciertos objetos geométricos como el tensor métrico o el tensor de energía-momento, que adquieren sentido físico. Aun así, hemos señalado que autores como Harvey Brown (2005) han presentado ciertos argumentos en contra de dicha postura geométrica.

- Si se es relacionista: Rovelli (2006), Hofer (1998), Earman y Norton (1987); habrá que decir, como afirma Rovelli, que únicamente existen cuerpos, materia, campos; y por tanto, que el campo gravitacional corresponde al tensor métrico, de ahí que la estructura del espaciotiempo representada por la variedad diferencial M , es secundaria. Entre otras cosas, lo que algunos autores han afirmado es que “el espaciotiempo es el campo gravitacional”. En esta interpretación, los cuerpos se mueven por la interacción propiamente de dos campos, el campo gravitacional y el tensor de energía-momento.

Puestos así los dos enfoques realistas, habría que plantear un conjunto de cuestionamientos para cada uno, algunos de los cuales ya fueron planteados en la sección anterior:

- (1) En el enfoque geométrico, M es el espaciotiempo, y por tanto, se substancializa a dicha variedad, es decir, se le otorga “realidad física”. Pero, al tener $g_{\mu\nu}$ carácter geométrico³⁹⁵, ¿corresponde a un tipo de objeto geométrico de segunda categoría, que adquiere “realidad física”?
- (2) En el enfoque relacional, $g_{\mu\nu}$ representa al campo gravitacional, y a su vez, corresponde, para algunos autores, al espaciotiempo³⁹⁶, aunque, ¿no es acaso un objeto geométrico que se especifica para cada punto o región? Cabría aquí la afirmación de Dorato (2008): “Dado que el campo métrico es,

³⁹⁵ En el contexto de la TRG, el carácter físico de este objeto corresponde al campo gravitacional.

³⁹⁶ Algunos autores como Maudlin (2014), Stachel (1993), Hofer (1996) han tratado de identificar al espaciotiempo con el campo métrico más la variedad, con lo cual pretenden saldar los inconvenientes de que los eventos deben ser referidos a una propiedad métrica.

a la vez, el espaciotiempo y un real, concreto campo físico, *debemos concluir que la TRG es incluso tanto sustancialista como relacionista, o incluso ni sustancialista ni relacionista.*” (p. 32)³⁹⁷

- (3) Independientemente de cualquier enfoque, si no es completamente consistente el hecho de que se pueda predicar existencia a los puntos espaciotemporales, ¿es posible sostener cualquiera de dichos realismos, dado que precisamente recurren a dicha representación?
- (4) Dado que ambos enfoques pretenden ser realistas, y tienen como base formal a la variedad riemanniana (ver sección V.2) y a las ecuaciones de campo de Einstein, ¿en qué sentido un modelo de espaciotiempo representa realmente al espaciotiempo físico, interpretado en uno u otro enfoque?
- (5) ¿Cómo explica cada uno de estos realismos lo que es un “evento en el espaciotiempo”?, entendido este último como la variedad diferencial M , ¿un evento sólo es un “etiquetado” de cierto fenómeno, o algo que ocurre, y por tanto, posee realidad física?
- (6) Si se es un sustancialista sobre el espaciotiempo, se debe explicar qué tipo de sustancia es dicho espaciotiempo, ya que la explicación geométrica no resuelve completamente la cuestión. Cabría aquí la pregunta: ¿qué tipo de relación física existe entre el espaciotiempo y la materia?
- (7) Si se es un relacionista sobre el espaciotiempo, se debe explicar por qué el campo gravitacional admite una representación geométrica, la cual permite identificar la estructura del espaciotiempo, pero a su vez, ¿no acaso se está también sustancializando al campo gravitacional?
- (8) Preguntar sobre si existe el espaciotiempo es, a su vez, separar la pregunta entre (a) si existe únicamente como estructura geométrica o, (b) si existe únicamente como entidad física.
- (9) En una interpretación relacionista del espaciotiempo, es decir, según la cual el campo gravitacional es el espaciotiempo, hay que apelar a regiones,

³⁹⁷ “Since the metric field is both spacetime and a real, concrete physical field, *we should conclude that GTR is either both substantivalist and relationist, or neither substantivalist nor relationist.*”

conjuntos de puntos, etc., por tanto, dicha interpretación no queda exenta de responder al “Argumento del agujero”.

- (10) Si finalmente, la idea de una entidad espaciotiempo, de carácter dinámico, en el marco de la TRG, no es más que una manera bastante atractiva para representar y explicar ciertos fenómenos, y su poder explicativo es por demás evidente, ¿hace falta especular sobre su existencia, sobre si es o no un ente del mundo, y predicar cierta naturaleza de éste, ya sea substancial o relacional? Lo que el espaciotiempo ha traído a colación es, en parte, una diversificación tanto de las nociones de espacio y tiempo, como de lo que puede considerarse una teoría realista.

La polémica sobre el realismo del espaciotiempo, en términos del debate entre substancialistas vs relacionistas, lo único que deja claro, es que dentro del marco epistémico de la TRG, conviven distintas concepciones ontológicas, cada una con su muy particular manera de concebir al espaciotiempo, lo cual no incide ni positiva ni negativamente en el poder explicativo de la teoría. El punto que nos interesa, en parte, es que, si se afirma que una teoría representa realmente al mundo físico (como se cree lo es la TRG), de ahí se podrían obtener elementos para afirmar un realismo científico sobre las entidades que postula. Y aún así: ¿qué tipo de entidad es el espaciotiempo, cuál es su naturaleza?

En el caso de la TRG, lo más seguro es que sea la teoría que mejor explica el mundo físico, y la entidad fundamental que postula, el espaciotiempo, la entidad que mejor se adapta a una visión objetiva del mundo. Aunque, si se tuviera que aceptar que las nociones de espacio y tiempo, derivadas de dicha teoría, son las más objetivas, éstas deberían estar libres de controversias, deberían a su vez ser únicas, tener unicidad en su concepto. Cabrían aquí las palabras de John Norton (1987): “Acorde a la relatividad general, los términos espacio, tiempo, y espaciotiempo no se refieren a algunas entidades en el mundo.” (p.154)³⁹⁸

Hasta aquí, el punto, en relación con Kant, no es si el espacio y el tiempo pueden ser percibidos, si “podemos ver la curvatura del espaciotiempo”, o si no

³⁹⁸ “According to general relativity, the terms space, time and spacetime do not refer to any entities in the world.”

podemos representarnos al espaciotiempo curvo, entre otros aspectos. El punto es que con “el estado del arte” en torno a la naturaleza del espaciotiempo, y lo que de ahí se deriva para el espacio y el tiempo, a como lo hemos visto a lo largo de la sección V.3, las consecuencias filosóficas de la TRG, y el debate sobre el realismo del espaciotiempo, se deja ver que es problemático considerar al espacio y al tiempo como entes del mundo. Por ello vale la pena reivindicar la postura kantiana. El debate sobre el realismo del espaciotiempo, y lo que trae a colación sobre el aspecto ontológico del espacio y el tiempo, sigue abierto. De nuevo, esto nos conduce a una especie de reivindicación de las ideas kantianas sobre el espacio y el tiempo: éstos no son substancias ni relaciones entre substancias.

Quizá el problema, en relación con el realismo de una teoría como la TRG, es que se considera que dicha teoría no podría ser cierta si las entidades que postula no existieran, y de ahí se tiende a afirmar la existencia del espaciotiempo, o del espaciotiempo como campo gravitacional. Sea una u otra concepción realista a la que uno se apegue. El problema, tal como lo entendemos, no tiene que ver con la *verdad* de la TRG, ni si nos da una visión objetiva o no de la realidad, a su vez, una visión completa. Plantear el problema de este modo sería poco fructífero y afortunado. El problema es que no hay razones suficientes para afirmar que la entidad espaciotiempo, existe, que es un “ente del mundo”, de aquí que la TRG no da una visión completa sobre la naturaleza del espacio y el tiempo.

La TRG es una teoría confirmada, como lo es la física newtoniana, a pesar de que esta última no pueda explicar ciertos aspectos de la realidad que la TRG sí puede explicar. Pero asimismo, ambas son, en términos generales, teorías de espacio y tiempo. En este último sentido, Dennis Lehmkuhl (2008) llama la atención sobre dos teorías rivales de la TRG³⁹⁹:

(1) La Teoría de Brans-Dicke (1961), (puede verse también Will (1993)), basada en el principio de Mach, que asume un carácter variable de la constante gravitacional G ,

³⁹⁹ Cabe aclarar que, a pesar de su consistencia teórica, estas teorías se han “desechado” por carecer sobre todo de sustento experimental.

considerándola como un campo que varía de punto a punto, y añadiendo un campo adicional ϕ . Esto es: “Brans y Dicke quisieron construir una teoría con *dos* campos fundamentales de no-materia con significado gravitacional, el campo escalar ϕ ⁴⁰⁰, y el campo métrico $g_{\mu\nu}$.” (Lehmkuhl 2008, p.103)⁴⁰¹

(2) La teoría bimétrica de Nathan Rosen (1940a, 1940b), (puede verse también Will (1993)), cuya motivación era reformular la TRG en una forma en la que fuera posible obtener un tensor gravitacional de energía-momento. Para ello, Rosen propone dos tensores métricos: el tensor métrico plano $\gamma_{\mu\nu}$ y el tensor métrico curvo $g_{\mu\nu}$.

El punto de Lehmkuhl es que, en ambas teorías, los campos fundamentales no tienen significado geométrico y gravitacional, tal como los campos lo tienen en la TRG, pero aún así las teorías son consistentes, a la vez de que tratan de dar cuenta de ciertos fenómenos. Lo que nos permite seguir sustentando el hecho de que, independientemente del poder explicativo de la TRG, y el posible realismo sobre el espaciotiempo, ya sea substancialista o relacionista, el apelar a la condición geométrica del espaciotiempo como representando la estructura del espaciotiempo físico, y de ahí postular naturaleza para el espacio y para el tiempo, no es un problema completamente resuelto por la TRG. La existencia de distintas teorías de espacio y tiempo, de distintas interpretaciones ontológicas sobre la entidad espaciotiempo, dotan de cierto sustento a nuestras afirmaciones.

Lo visto hasta aquí nos ha llevado a concluir que, a pesar de todo, no existen razones suficientes para afirmar que el espaciotiempo, configurado por la TRG, existe como entidad física, porque dicha configuración no está exenta de una representación: la forma en que se predica su naturaleza, o su estructura, a pesar de lo que pueda decirse experimentalmente.

Asimismo, ya hemos tenido oportunidad de mencionar que es un error entender a Kant en términos de que “espacio y tiempo son creaciones de nuestra

⁴⁰⁰ *Cfr.* “It is not a completely theory of gravitation, as [...] gravitational effects are in part geometrical [by being described by $g_{\mu\nu}$] and in part due to a scalar interaction.” (Brans and Dicke 1961, p. 928).

⁴⁰¹ “Thus, Brans and Dicke wanted to construct a theory with *two* fundamental non-matter fields with gravitational significance, the scalar field ϕ and the metric field $g_{\mu\nu}$.”

mente”, o de que “sólo conocemos apariencias”; en el ámbito de la ciencia, en el ámbito de las teorías científicas, hay que recordar que “la mente y el mundo, en conjunción, hacen el conocimiento del mundo” (ver Lombardi y Pérez-Ransanz (2012)). Esto último es una manera de entender a Kant, que resulta coherente con la interpretación del autor de Königsberg que hemos llevado a cabo en la presente tesis (ver capítulo III).

La TRG es una teoría de la física que ha permitido explicar diversos aspectos sobre el espacio y el tiempo, a partir de postular la entidad espaciotiempo en términos geométricos; pero sólo ofrece una representación más de éstos, configurada a partir de una sola entidad, y considerándolos como “entidades físicas”. La TRG reivindica, en cierto sentido, a Kant (ver también capítulo III), en términos empíricos. Desde esta teoría, puede identificarse que el espacio y el tiempo no son entes del mundo, y su representación no es independiente de la mente, pero no es que la mente cree al espacio y al tiempo: la mente y el mundo crean la representación del espacio y el tiempo. Una teoría científica como la TRG, a pesar de predicar existencia del espacio y el tiempo, configurados en una sola entidad, el espaciotiempo, no resuelve el problema ontológico sobre el espacio y el tiempo. En términos kantianos: “se puede predicar esencia de los objetos geométricos, pero no existencia, por tanto, no naturaleza.”

Esencia≠Naturaleza≠Existencia

V.5 Bases para un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo.

Pluralism is the right position to adopt
with respect to the present debate.

David Rey
*The Metric Tensor of General Relativity:
A Peculiar Spacetime or a Peculiar Physical Field?*

En la presente sección, llevamos a cabo un ejercicio filosófico de interpretación, aunque no pretendemos hacer una evaluación de la TRG, sobre si es una teoría cercana a la “verdad”. A pesar de los ciertos inconvenientes señalados en las

secciones pasadas, es un hecho que la TRG es una teoría científica bien confirmada. Lo que pretendemos señalar es que, dado el bagaje conceptual analizado durante el capítulo, a la vez de la línea de interpretación que hemos establecido a lo largo de la tesis, podemos plantear la cuestión sobre ¿qué tipo de interpretación realista puede brindarse a la TRG?, por ejemplo: ¿puede interpretarse desde la perspectiva de un “realismo metafísico”? Nuestro objetivo es plantear la posibilidad de que pueda sustentarse un pluralismo ontológico dentro del contexto de las teorías de espacio y tiempo, a la vez en el contexto propio de la teoría. Lo que llamamos un *pluralismo ontológico del espacio y el tiempo*.

Así, en la subsección V.5.1 trataremos los conceptos básicos de un pluralismo ontológico fundamentado en Lombardi y Pérez-Ransanz (2012), mencionando un ejemplo de aplicación al caso de la física, en particular en las teorías sobre el espacio y el tiempo, caso concreto: física newtoniana y relatividad general; teorías que genuinamente cumplen con las características de un pluralismo ontológico, y cuya relación es una relación de paso al límite.

En la subsección V.5.2 trataremos de fundamentar el tipo de pluralismo ontológico que, creemos, podría aplicarse para interpretar la TRG. Para ello retomaremos dos casos tratados en las secciones pasadas: el debate entre substancialistas vs relacionistas; y la formulación de Utiyama (1956) frente al formalismo geométrico de Einstein.

V.5.1 Pluralismo ontológico. El caso de las teorías de espacio y tiempo.

El problema del realismo siempre ha sido tema de debate en el ámbito filosófico. Así, independientemente de las caracterizaciones, habría que entender, en términos generales que: “El *realismo científico* dice que las entidades, los estados y los procesos descritos por teorías correctas realmente existen.” (Hacking 1996, p. 39) De aquí se podría separar, como menciona Dorato (2008), en un realismo sobre teorías y un realismo sobre entidades. De esta forma, lo que nos interesa en la presente sección es identificar qué tipo de realismo es el que mejor se ajusta para interpretar a las teorías de espacio y tiempo.

En base a lo anterior, Lombardi y Pérez Ransanz (2012) han configurado una forma de realismo científico denominado “Pluralismo ontológico” que, creemos, resulta sumamente fértil en la discusión filosófica sobre el realismo científico, y en especial, dados nuestros intereses, en la discusión sobre un “realismo respecto a las teorías de espacio y tiempo”.

Las autoras consideran que el problema del realismo no debe atacarse en términos de si existe o no una realidad independiente del sujeto cognoscente, o de si tenemos o no teorías que representan fielmente a la realidad. Más bien, debemos identificar cómo es que se entiende la relación entre teoría y realidad, para de ahí establecer una postura realista que atienda más claramente al modo en que el trabajo y el conocimiento científicos, en conjunción, permiten configurar una visión sobre la realidad. Lo anterior implicaría alejarse de toda visión de “realismo metafísico”, la postura según la cual existe una realidad independiente del sujeto cognoscente, y el sujeto tiene acceso a los componentes y estructura últimos de dicha realidad. Tal postura, dado el enfoque asumido en la presente tesis, podría denominarse “antikantiana”.

Así, en total acuerdo con nuestra postura, las autoras propugnan por un realismo de tipo kantiano, en cuanto a que el objeto del conocimiento debe ser constituido conceptualmente, pero con total consideración de los aspectos pragmáticos, como parte activa y complementaria del conocimiento de la realidad. A tenor de las autoras, su interés “consiste en proponer un realismo de raigambre kantiana que permita defender una genuina pluralidad de ontologías.” (Lombardi y Pérez-Ransanz 2012, p. 13). En este último sentido es que podríamos afirmar que tal postura está en concordancia con lo que en el capítulo III llamamos “ontología de la experiencia”⁴⁰², donde observamos que tanto la física newtoniana como la relatividad general podrían considerarse como “ontologías de la experiencia”, de raigambre kantiana, en su manera de constituir objetos de experiencia.

⁴⁰² *Cfr.* “Una “ontología de la experiencia” tiene que ver con establecer condiciones de objetividad.” Para una aclaración más amplia del concepto, ver Capítulo III, sección III.4.

Ahora bien, el pluralismo ontológico que configuran las autoras, y que ha sido inspirado sobre todo en los trabajos de Hilary Putnam y su realismo internalista⁴⁰³ (1988, 1994) presenta los siguientes rasgos:

- Raíces kantianas en sus fundamentos. El objeto que se constituye en la experiencia corresponde a un objeto “conceptualmente constituido”, en contraposición con el realismo metafísico, donde los objetos de conocimiento son autosubsistentes y autoidentificantes. (Acorde con una “ontología de la experiencia”, ver capítulo III).
- Debe aceptarse la relatividad conceptual. Es decir, los conceptos no tienen un significado único o absoluto. Cabe aclarar que, como ya hemos argumentado a lo largo de la tesis, de acuerdo con la visión kantiana hay que entender Trascendental no en sentido apodíctico⁴⁰⁴, sino sólo categórico (ver Mathieu (1992)).
- Se considera una pluralidad de ontologías, sin por ello caer en el relativismo. Recordemos que una ontología obedece a un sistema conceptual, vinculado a su vez a una teoría científica. En este sentido también hay concordancia con lo que entendemos por “ontología de la experiencia”; la ontología de la física newtoniana puede considerarse una “ontología de la experiencia”, así como la ontología de la relatividad general.
- En cada ontología, propia de una teoría científica, tanto los entes observables como los no observables poseen el mismo estatus ontológico. Este punto está incluido en lo que señalamos sobre el papel de los instrumentos de medida en una “ontología de la experiencia”.

⁴⁰³ Las autoras tienen suficiente cuidado en aclarar los puntos en que el pluralismo ontológico se separa de la concepción de “realismo internalista” de Putnam, sobre todo en la noción de verdad como adecuación. (Ver capítulo 3 de Lombardi y Pérez-Ransanz (2012)).

⁴⁰⁴ La epistemología kantiana, configurada en términos de la división entre intuiciones (espacio y tiempo) y conceptos (categorías) como elementos fundamentales del conocimiento, no es una teoría del conocimiento que hable sobre la existencia de objetos, sino sobre nuestra manera de conocerlos. Como afirma Vittori Mathieu (1992) en su artículo “The Late Kant and the Twentieth Century Physics”: “*Trascendental* significa “categórica”, pero no *apodíctico*.” (p. 162) Es decir, no hay una necesidad en cuanto a la posibilidad del conocimiento *a priori*, éste habrá que entenderlo en el sentido de que apela a categorías *a priori*, que pueden no ser únicas, pues es simplemente un conocimiento por conceptos.

- Las distintas ontologías, en relación con las teorías científicas, poseen el mismo estatus ontológico, por lo que no se acepta que exista un único nivel ontológico privilegiado, como lo concibe un realismo metafísico. Acorde a lo que mencionamos en el capítulo III, una “ontología de la experiencia” corresponde a un conjunto de objetos, postulados por una teoría en el marco de un sistema que involucra elementos cognitivos *a priori*, elementos epistémicos (frameworks de las teorías) y aparatos de medida.
- El pluralismo ontológico no es nominalista. Cada esquema conceptual define sus propios ítems, constituyendo su propia ontología. Como vimos (capítulo III), cada “ontología de la experiencia” se sustenta en un conjunto de consideraciones epistémicas dadas por la teoría que intenta contrastarse. Pero también, existen categorías básicas, de carácter *a priori* respecto del esquema particular, que forman parte de dicha “ontología de la experiencia”.
- La verdad se entiende como adecuación, pero en términos de adecuación acorde a una teoría, que atiende a un sistema conceptual. ¿Puede afirmarse verdad en física newtoniana, en relatividad general? Sí, siempre y cuando dicha verdad se adecue a la ontología propia de cada teoría. La verdad atiende a aspectos propios de cada “ontología de la experiencia”, que establece el criterio específico de objetividad.
- Lo que ha de entenderse por esquema conceptual (“sistema de categorías y conceptos de clase”), es *previo* a la teoría, es decir, cada teoría presupone un esquema conceptual, y éste puede ser anterior a una o más teorías, a la vez: dos o más teorías pueden presuponer el mismo esquema conceptual.
- En términos kuhnianos (ver Kuhn (1962/2004)), se pueden suponer dos tipos de cambios teóricos: (1) Normal. Una teoría sucesora llega a introducir una reformulación de su teoría antecesora, pero atendiendo al mismo esquema conceptual; (2) Revolucionario. La teoría sucesora presupone un esquema conceptual distinto al de la teoría antecesora, y tal que ambas poseen distintas ontologías.
- Hay lugar para la inconmensurabilidad, entendida como aquella relación entre teorías que poseen ontologías distintas.

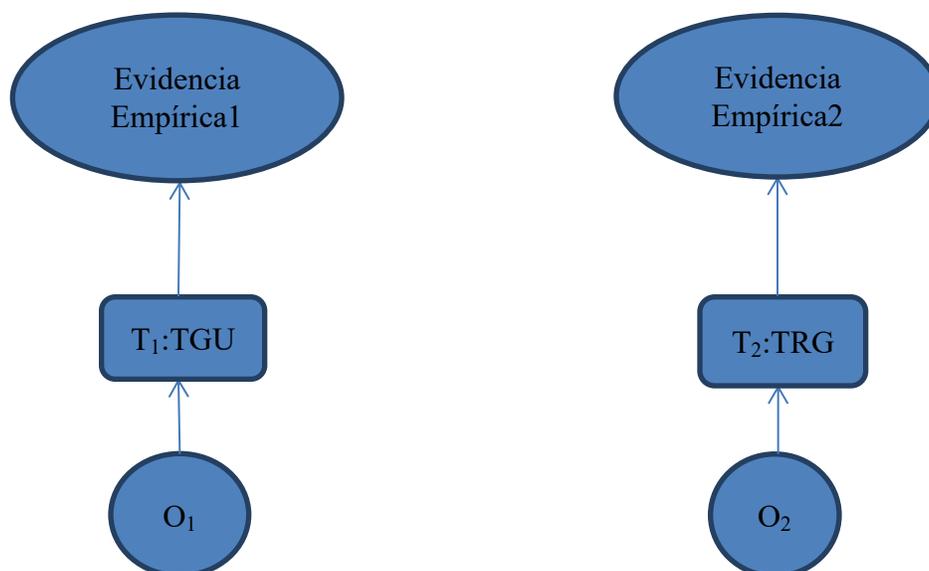
- Resulta sumamente relevante el aspecto pragmático, la práctica científica, es decir: teoría y práctica no son independientes, sino interdependientes.

Finalmente, lo que deseamos resaltar es que en relación con las teorías de espacio y tiempo, caso específico: la física newtoniana y la relatividad general, pueden verse como un ejemplo de teorías de espacio y tiempo que fundamentan lo que llamaríamos un “pluralismo ontológico del espacio y el tiempo”. Esto es:

- (1) La física newtoniana (FN) y la teoría de la relatividad general (TRG) son teorías de espacio y tiempo con ontologías distintas.
- (2) Ontológicamente, los conceptos de espacio y tiempo en la FN y la TRG son distintos. En la FN espacio y tiempo son absolutos; en la TRG, atendiendo a la entidad espaciotiempo que postula, puede sustentarse un realismo de espacio y tiempo ya sea como sustancias o como relaciones entre sustancias (ver sección V.4), a la vez de que el espacio y el tiempo poseen un carácter dinámico.
- (3) La evidencia empírica de ambas teorías es distinta, a pesar de que haya ciertos aspectos, como el corrimiento del perihelio de Mercurio (ver capítulo III), que ambas teorías predican, una de manera más precisa que la otra.
- (4) La relación entre dichas teorías es una “relación por paso al límite”. Lo que corresponde a una relación interteórica entre las teorías. Por ejemplo, la mecánica newtoniana es una *aproximación* de la relatividad especial; la gravitación universal es una *aproximación* de la TRG. Con lo que puede establecerse la relación, atendiendo al esquema de Fritz Rohrlich (1988), tal que: “Dadas dos teorías T_1 y T_2 , puede definirse un cierto *parámetro característico* p como cociente entre los valores de dos variables de igual dimensión, ambas pertenecientes a T_1 , de modo tal que la formulación matemática $M(T_2)$ de T_2 se obtiene aplicando el límite matemático $p \rightarrow 0$ a la formulación matemática $M(T_1)$ de T_1 : $\lim_{p \rightarrow 0} M(T_1) = M(T_2)$. De este modo, el parámetro característico p , que pertenece a $M(T_1)$, desaparece en $M(T_2)$.” (Lombardi y Pérez-Ransanz 2012, p. 137)

En atención a este último tipo de relación al límite, se puede decir que ésta existe entre la gravitación universal de Newton y la TRG cuando, por ejemplo, se hacen ciertas suposiciones en los tensores de Ricci, métrico y de distribución de materia-energía (ver sección V.2) de las ecuaciones de campo de Einstein, y se obtiene la ecuación de la gravitación universal de Newton.

Así, dado todo lo anterior, podríamos esquematizar el pluralismo ontológico del espacio y el tiempo entre la teoría de la gravitación universal (TGU) y la teoría de la relatividad general (TRG), con el siguiente esquema:



Cabe señalar que, en atención al pluralismo ontológico configurado por las autoras, hemos denominado a nuestra caracterización, un “pluralismo ontológico del espacio y el tiempo”, es decir, una postura realista pero pluralista sobre las teorías de espacio y tiempo. En el contexto del bagaje teórico presentado en el capítulo III, cada teoría define una “ontología de la experiencia” de raigambre kantiana y, a su vez, ejemplifica una postura pluralista con respecto al espacio y el tiempo.

Finalmente, cabe aquí traer a colación la siguiente cuestión: ¿habría lugar para seguir sosteniendo una postura kantiana? Dado el pluralismo ontológico que hemos identificado, sobre la base teórica desarrollada por Lombardi y Pérez-Ransanz (2012), la respuesta es afirmativa. Existen argumentos para pensar que

espacio y tiempo no son entes del mundo, como lo hemos visto a lo largo del capítulo, idea que se ve complementada al poder sustentar un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo.

Cada concepción de espacio y tiempo es propia del marco epistémico de la teoría de espacio y tiempo de la que forman parte, y cada teoría posee su propio nivel explicativo, sus propios fines pragmáticos y, por lo tanto, permite una cierta fecundidad tanto teórica como experimental. El espacio y el tiempo aceptan distintas representaciones, de acuerdo al marco epistémico de cada teoría; por tanto, ser realistas con respecto al espacio y el tiempo implica que puede adoptarse un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo.

En la siguiente subsección, bajo la indeterminación ontológica del espacio y el tiempo en la TRG, que tratamos sobre todo en las secciones V.3 y V.4, trataremos de responder a la siguiente cuestión: ¿puede sustentarse un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo en el contexto propio de la TRG?

V.5.2 Ontología y evidencia empírica. ¿Existe un pluralismo ontológico en la TRG?

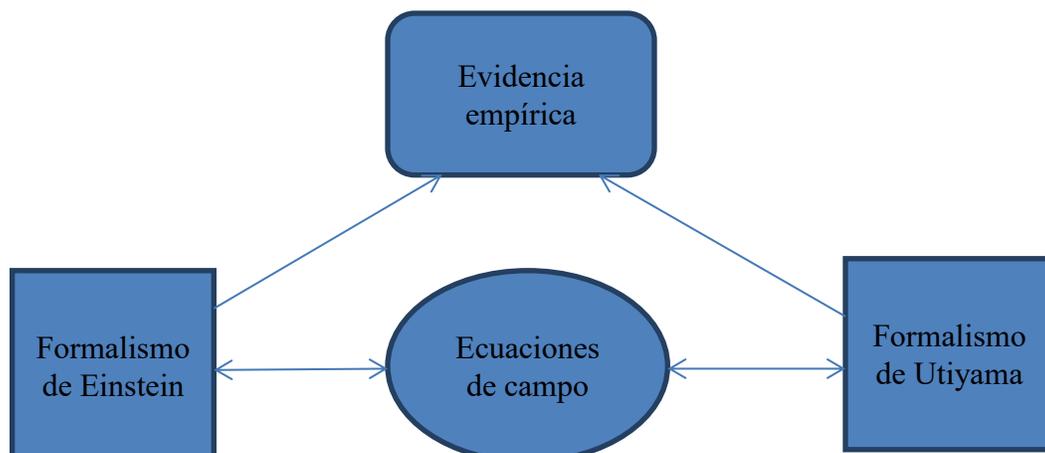
Para concluir, sólo deseamos señalar algunos aspectos interesantes dentro del marco epistémico de la TRG, basados en los tratamientos que ya hemos llevado a cabo en las secciones anteriores.

Es un hecho que la TRG es la mejor teoría de espacio y tiempo, posee éxito empírico y constituye la base de la cosmología moderna. Sin embargo, como ya hemos visto, existen algunos inconvenientes en cuanto a cómo entender la unicidad ontológica del espacio y el tiempo que la TRG describe. En esta sección, vamos a retomar dos casos tratados en las secciones V.3 y V.4, en relación con lo que llamamos el problema ontológico del espacio y el tiempo. A saber, el resultado de la formulación de Utiyama (1956) (subsección V.3.2), y el debate entre substancialistas vs relacionistas (sección V.4), sólo que los ubicaremos en la temática de la presente sección: el pluralismo ontológico del espacio y el tiempo, y tal que nos lleve a

configurar una posible respuesta a la pregunta: ¿puede fundamentarse un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo en la TRG?

(1) Como tuvimos oportunidad de señalar (con Hacyan (2008)), la formulación de Ryu Utiyama (1956) permite considerar al campo gravitacional como una variedad riemanniana o como un “campo normado”. Con ello queda claro que el lenguaje descriptivo, geométrico, de la TRG, resulta no ser el único posible. De aquí que el “modelo geométrico” de la TRG, que algunos consideran intrínseco para describir el mundo, podría considerarse que sólo constituye un modelo más, pues, con el resultado de Utiyama, pueden obtenerse las ecuaciones de campo en espacios abstractos, lo cual implica que también corresponde a un modelo más para describir el mundo.

Así, en el contexto de la presente sección: (1) La formulación clásica de las ecuaciones de campo en una variedad riemanniana, constituye una ontología O_1 del espaciotiempo; y (2) La formulación de Utiyama en espacios abstractos constituiría otra ontología O_2 del espaciotiempo. Si bien este segundo enfoque no es usualmente utilizado en la bibliografía sobre la TRG, aun así, la cuestión aquí es si la mera existencia de dicho resultado teórico permite adoptar un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo. Pero en este caso, una cuestión de fondo es si ambas formulaciones, ontológicamente incompatibles, son empíricamente equivalentes, esto es, si dan cuenta de la misma evidencia empírica. Suponiendo que lo anterior fuera el caso, tendríamos el siguiente esquema sobre, en principio, un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo en la TRG:





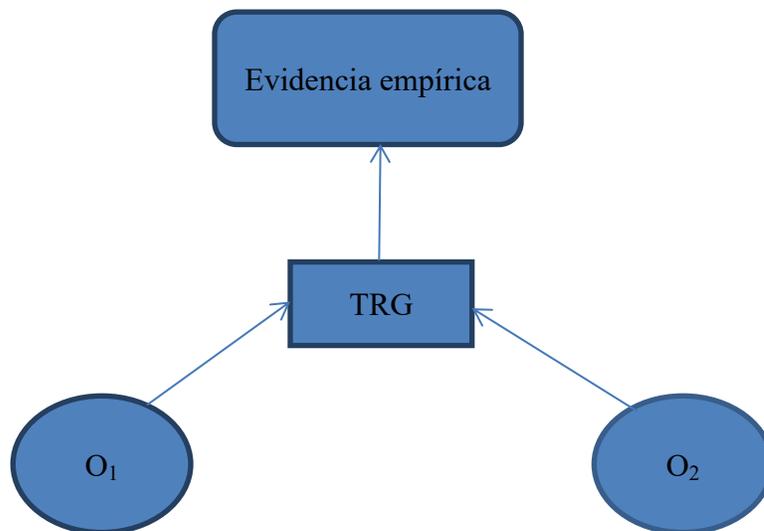
Cabe señalar que únicamente estamos planteando el esquema anterior como una posibilidad, como una aproximación a identificar un pluralismo ontológico dentro del marco epistémico de la TRG. La evidencia teórica permite precisamente dar pauta a ello. De una u otra forma surgirían muchas cuestiones, sobre todo vinculadas a ¿qué serían el espacio y el tiempo en la formulación de Utiyama?, ¿qué tipo de observables se podrían establecer en el enfoque de los “espacio normados”?, aunque finalmente no es el lugar para llevar a cabo un tratamiento a ésta y otras cuestiones.

(2) En el contexto del debate entre substancialistas vs relacionistas, tratado en la sección V.4, concluimos que, en el marco de la misma teoría: la TRG, conviven dos concepciones ontológicas acerca de la naturaleza de su entidad fundamental, el espaciotiempo. El tratamiento se basó en el debate sobre el realismo del espaciotiempo. Esto es: (1) El espaciotiempo es una substancia, representada por la variedad diferencial M , lo que se ha dado en llamar un substancialismo del espaciotiempo; y (2) El espaciotiempo sólo es una condición relacional de los objetos, lo único que existe es materia y campos, el campo gravitacional es representado por el tensor métrico, y es precisamente el espaciotiempo; a esta postura se le denomina un relacionismo del espaciotiempo.

Ahora bien, cada postura define una ontología del espaciotiempo. Llamemos O_1 a la ontología substancialista; y O_2 a la ontología relacionista. Asimismo, ambas

posturas no sólo son empíricamente equivalentes, esto es, se basan sobre la misma evidencia empírica, sino que comparten como base formal a la TRG en su versión estándar.

Por tanto, si pudiéramos establecer un esquema de un cierto tipo de pluralismo ontológico del espacio y el tiempo, en el marco de la TRG, éste sería como sigue:



Finalmente, lo que deseamos señalar de nuevo es que, dentro de la misma teoría: la TRG, conviven distintas concepciones ontológicas, que para el presente caso no afectan el poder explicativo de la teoría, pero que de una u otra forma, inciden directamente en ciertas problemáticas filosóficas que la misma teoría trae a colación. Muchas de esas problemáticas fueron tratadas a lo largo del capítulo, resaltando nuestra postura kantiana, en términos de que espacio y tiempo no son entes del mundo.

La no unicidad de los conceptos de espacio y tiempo en la TRG, a pesar de su poder explicativo en términos de la entidad espaciotiempo, ha permitido especular acerca de la posibilidad de que la TRG abra el camino a establecer un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo.

Como hemos visto en la presente sección, las teorías de espacio y tiempo más importantes: física newtoniana y relatividad general, fundamentan un genuino

pluralismo ontológico del espacio y el tiempo, a la sazón de como lo configuraron Lombardi y Pérez-Ransanz (2012). Quizás el desarrollo ulterior de esta idea permita obtener más elementos para configurar un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo, en el marco propio de la TRG, aunque eso podrá ser tema para trabajos futuros.

V.6 Recapitulación.

A lo largo del capítulo, llevamos a cabo un ejercicio filosófico alrededor de lo que denominamos el problema ontológico del espacio y el tiempo: la pregunta sobre si el espacio y el tiempo son entes del mundo. Al intentar responder a la cuestión, nos centramos en el contexto propio de la mejor de las teorías de espacio y tiempo, la teoría de la relatividad general (TRG); de aquí que a su vez: tratamos de traer a colación ciertos elementos que pudieran contribuir a la respuesta kantiana: el espacio y el tiempo no son entes del mundo. Por tanto, las teorías de espacio y tiempo sólo ofrecen determinaciones sobre tales entidades, y la mejor de las teorías, la TRG, en términos de su entidad fundamental, el espaciotiempo, no resuelve el problema ontológico planteado.

Así, podemos establecer las siguientes conclusiones del capítulo:

- En clave kantiana, puede atribuirse esencia a los objetos geométricos, pero no naturaleza, de ahí no existencia. Por ello, desde una perspectiva rígidamente kantiana, la entidad espaciotiempo que la TRG postula, dado su carácter geométrico, no puede adquirir un sentido óntico, es decir, no sería un ente del mundo.
- La TRG es la mejor teoría sobre el espacio y el tiempo, quizá la teoría que más ha contribuido a estructurar una mejor imagen de la realidad, a la vez de entender lo que serían, si existen, el espacio y el tiempo físicos. Sin embargo, los problemas enraizados en el marco epistémico y filosófico de tal teoría dejan ver, sobre todo, una falta de unicidad ontológica y conceptual de dichos entes, aún y frente a su poder explicativo y éxito experimental.

- Las ideas de Gödel, en cuanto al problema del tiempo, y en el marco epistémico de la TRG, permiten especular sobre si precisamente el tiempo es un ente del mundo, por algo, esto implicaría una reivindicación de Kant: el tiempo no es una substancia ni una relación entre substancias, por algo, no objetivo. De lo anterior surge aquí la cuestión: ¿es objetiva nuestra experiencia del tiempo?
- Dados los resultados de Utiyama (1956), el lenguaje descriptivo, geométrico, del campo gravitacional en la TRG, no es único, éste puede también describirse como un “campo normado”.
- La mejor forma de entender, realistamente, a las teorías sobre espacio y tiempo, es asumiendo una visión pluralista de raigambre kantiana, esto es, un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo. Esto último es ya ejemplificado en dos de las mejores teorías de espacio y tiempo: la teoría de la gravitación universal (TGU) y la teoría de la relatividad general (TRG) (ver sección V.5.1).
- Se especuló sobre si el pluralismo ontológico respecto del espacio y del tiempo pueda aplicarse internamente al marco epistémico de la TRG, con lo que, dado el estado del arte sobre tema, puede que en efecto existe un genuino pluralismo ontológico en el marco mismo de la teoría.

Conclusiones.

A lo largo de la tesis, hemos analizado el problema de la naturaleza del espacio y el tiempo, en la filosofía de Kant y en la teoría de la relatividad, con el objetivo de mostrar la vigencia de la filosofía kantiana, frente a la teoría de la relatividad y las geometrías no euclidianas.

Hemos identificado que hay diferencias significativas entre dos de las grandes teorías de espacio y tiempo: la física newtoniana y la relatividad. La primera diferencia radica en que, de acuerdo con la física de Newton, el espacio y el tiempo son entes independientes el uno del otro; mientras que en la relatividad, éstos se conjugan en una sola entidad: el espaciotiempo. En cuanto a la segunda diferencia, en la física newtoniana, el espacio y el tiempo son entes cuya naturaleza no depende, en ningún sentido, de los objetos; mientras que, en la relatividad, la estructura del espaciotiempo depende de los cuerpos u objetos, si se acepta, precisamente, que su estructura, dictada por las geometrías no euclidianas, define la naturaleza del espaciotiempo. De aquí pudimos obtener elementos para entender lo que son el espacio y el tiempo en el contexto de dicha teoría. ¿Hace falta decir que, en el marco de la relatividad, ser realistas con respecto al espacio y el tiempo implica ser realistas con respecto al espaciotiempo?

La postura asumida en la presente tesis ha sido realista, pero pluralista con respecto al problema de la naturaleza del espacio y el tiempo. En este sentido es que inicialmente nos propusimos desembarazar a Kant de múltiples críticas y malas interpretaciones relacionadas con su concepción sobre el espacio y el tiempo, tomando a su vez como base su teoría de la constitución de objetos de experiencia (capítulos I, II y III). Lo anterior remite a la extendida interpretación de Kant como un idealista que nada puede ofrecer frente a los desarrollos realizados en física y matemáticas, durante el siglo XIX y principios del XX; bajo dicha interpretación, la teoría kantiana de la idealidad del espacio y el tiempo quedaría refutada por éstos. En la presente investigación, el análisis de estos cuestionamientos nos condujo a identificar que este tipo de críticas están basadas en interpretaciones erróneas, tanto

de la epistemología kantiana, como de los avances realizados en matemáticas y física (ver capítulo IV).

La epistemología kantiana constituye una filosofía del conocimiento que tiene mucho que aportar frente al problema de la relación entre las teorías científicas y la realidad. En este sentido, argumentamos que la objetividad es algo que se construye en mutua interacción entre los esquemas conceptuales del sujeto cognoscente y la realidad independiente de éste. Lo anterior nos permitió acuñar el concepto de “ontología de la experiencia”, que remite a la manera en que se constituyen los objetos de experiencia en las teorías de la física (capítulo III), que fue complementado con la propuesta de un “pluralismo ontológico sobre el espacio y el tiempo” (capítulo V).

En el caso específico de las teorías del espacio y el tiempo como la teoría de la relatividad general (TRG), mostramos a su vez que la concepción kantiana tiene cierta vigencia, entre muchas de las consecuencias filosóficas que dicha teoría ha traído a colación. Esto último conformó buena parte del análisis llevado a cabo en el capítulo V.

I. En términos generales, con respecto a la lectura de Kant que llevamos a cabo en los tres primeros capítulos, podemos listar las siguientes conclusiones:

- (1) Muchos intérpretes han dejado de lado ciertas partes importantes de los trabajos precríticos. En tales trabajos puede identificarse el hecho de que Kant tuvo en mente no sólo la posibilidad de la geometría euclidiana de tres dimensiones, como una ciencia que ofrece una representación formal del espacio. Así, por ejemplo, en la *Disertatio* pueden verse ciertos atisbos de cómo Kant establece la distinción entre espacio como intuición pura, espacio fenoménico, espacio físico y espacio como representación formal (matemática). Asimismo, en dicha obra ya está presente la condición ideal del tiempo, donde éste es no objetivo, la cual sería complementada en la *KrV*.
- (2) En la *KrV*, Kant caracteriza a la Estética Trascendental como la disciplina encargada de dar cuenta de todo conocimiento sensible *a priori*, de aquí que

espacio y tiempo correspondan a las dos formas puras de la intuición sensible; y la subjetividad de ambos, a grandes rasgos y en sentido trascendental, tiene que ver con la idea de que los predicados espaciales y temporales están limitados a los <<objetos de la sensibilidad>>, por ende a los fenómenos, no a las cosas en sí, pues sólo en la experiencia y configuración de un objeto, “espacio y tiempo actúan efectivamente.” Desde un punto de vista epistemológico, Kant nos proporciona un criterio de objetividad del conocimiento, en principio en términos de la sensibilidad. A la vez, en esta parte de la *KrV* Kant afirma la idealidad del espacio y el tiempo, en tanto que éstos no son sustancias ni relaciones entre sustancias.

- (3) En la concepción de Kant sobre el espacio, éste es empíricamente real y trascendentalmente ideal. Kant no niega la realidad del espacio omnicomprensivo, aquél “espacio físico”, “escenario” de toda experiencia. El idealismo kantiano, en cuanto a su concepción del espacio, difícilmente puede vincularse con un idealismo tipo berkeleyano; tampoco es factible interpretar a Kant en términos psicologistas y pretender que entiende al espacio sólo como “producto de nuestra percepción”; e incluso, en la experiencia, como si fuera producto de nuestra mente (fenomenismo). Kant no es un fenomenista.
- (4) El espacio es una intuición pura *a priori*, por lo cual, está en la base de toda conceptualización de espacio. Distinguimos a su vez entre el espacio como intuición pura *a priori*, y el espacio como intuición empírica. A su vez, en cierto sentido, Kant distingue entre el espacio, como forma pura *a priori*, y el espacio como intuición formal, que constituye esta última una “representación estructurada” que proporciona la geometría.
- (5) El espacio constituye un orden de presentación, ya que en el orden se incluye a un observador situado en algún punto. En concreto, el espacio es un orden de presentación de los particulares.
- (6) La teoría kantiana de la idealidad del espacio no depende del carácter de la geometría; y es independiente de ésta. A su vez, la geometría constituye sólo un ejemplo de una ciencia que establece una representación formal del

- espacio. Es obvio que Kant se refiere únicamente a la geometría euclidiana, pero al establecer que la teoría de la idealidad no depende del carácter de la geometría euclidiana, queda sustentado el hecho de que esta teoría tampoco depende del carácter de las geometrías no euclidianas.
- (7) En toda referencia al espacio, hay que distinguir entre intuición pura *a priori* e intuición formal (intuición pura determinada, en función de la geometría); y a su vez, forma de la intuición (intuición pura indeterminada, que acepta dos sentidos: forma o manera de intuir y forma o estructura esencial de aquello que es intuido).
 - (8) Para Kant, la matemática es una ciencia que parte de una intuición pura y procede por construcción de conceptos, por lo que es factible identificar cómo la construcción de conceptos en matemáticas, se lleva a cabo mediante “la exposición *a priori* de la intuición que le corresponde”. La intuición pura es una representación particular de algo general.
 - (9) Un juicio sintético *a priori* enlaza representaciones en intuición (espacio y tiempo). En los juicios sintéticos *a priori* de la geometría hay un elemento *a priori*, la intuición pura, el espacio; y un elemento sintético, el apego a una figura, a una representación esquemática; por lo que incluso las geometrías no euclidianas poseerían, en cierto sentido, un carácter representativo, sintético *a priori*.
 - (10) El carácter sintético *a priori* de los juicios en física tiene que ver con la posibilidad de establecer alguna experiencia, bajo la estructura específica de un sistema matemático, por lo que si una geometría se aplica al “análisis del mundo”, y permite una visión objetiva, bajo el marco epistémico de la teoría, esta geometría adquiere entonces un carácter sintético *a priori*, pero, de nuevo, únicamente dentro del marco epistémico de la teoría física.
 - (11) El tiempo es una intuición pura *a priori*. Forma parte del sentido interno. Lo real del tiempo radica en la experiencia de los objetos. Al igual que el espacio, el tiempo es empíricamente real y trascendentalmente ideal.

- (12) El tiempo es único, un orden de presentación. El tiempo, al ser un orden presentacional, permite la representación sucesiva y/o simultánea de los particulares, pero no genera dicha representación.
- (13) El tiempo es no objetivo, es decir, no existe sustancialmente. La idealidad y subjetividad del tiempo se derivan simultáneamente de su carácter *a priori*.
- (14) En la Exposición Trascendental del tiempo, la aritmética se presenta como una disciplina que ofrece una representación estructurada del tiempo, análogamente a lo que es la geometría para el caso del espacio.

Lo anterior condensa los principales aspectos de nuestra lectura de Kant, en los cuales nos apoyamos para desligar al pensador de Königsberg de diversas críticas que consideramos descaminadas.

II. La segunda parte de nuestra lectura de Kant se enfocó en una de las secciones de la *KrV* que más controversias ha despertado: la Lógica Trascendental, específicamente en lo referente a la Analítica Trascendental. Aquí Kant establece lo que hemos llamado una “teoría de la constitución de los objetos de experiencia”. En este tenor, destacamos lo siguiente:

- Para Kant, el conocimiento humano, para poseer validez objetiva, requiere de una coordinación o *cooperación* entre intuiciones y conceptos.
- El entendimiento tiene una “función objetivante”, puesto que sintetiza el múltiple dado en la intuición mediante las categorías.
- En la Deducción Metafísica, Kant establece las bases para una teoría de la constitución de los objetos de experiencia, en términos de principios *a priori*.
- En la Deducción Trascendental, Kant establece un criterio de objetividad del conocimiento: la constitución de los objetos de experiencia debe apelar a principios *a priori*, y a su vez, posibilitar el que puedan establecerse juicios sobre cómo son las cosas.

- Las analogías de la experiencia constituyen principios que fundamentan la posibilidad de constituir objetos. Garantizan la existencia de objetos en conexión con los modos del tiempo: permanencia, sucesión y simultaneidad.
- La segunda analogía, referida al principio de causalidad, no debe entenderse en términos de un determinismo: misma causa - mismo efecto. Más bien, en términos del principio: alguna causa - algún efecto.
- El concepto de un objeto, y por tanto, la “experiencia” de éste, debe estar en concordancia con las condiciones de posibilidad de la experiencia (intuiciones y categorías). Lo real, lo que existe, está conectado con las posibilidades de la experiencia.

III. Una vez concluida nuestra lectura de la *KrV*, analizamos *Los Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza (MAN)*, lo cual nos permitió acuñar el concepto de “ontología de la experiencia”. Este concepto, que refiere a la manera de constituir objetos en las teorías de la física y apela a criterios de objetividad, comprende los siguientes elementos:

- Elementos cognitivos (intuiciones y categorías); vinculados con la condición de “observador” en el ámbito experiencial de las teorías.
- Elementos epistémicos (marcos teóricos, *frameworks*); conformados por ecuaciones, objetos, marcos espacio-temporales, leyes y principios propios de las teorías, etc.
- Elementos materiales (como los aparatos de medida).

Aunado a lo anterior, las ideas desarrolladas en *MAN*, nos permitieron identificar el carácter trascendental de la física newtoniana, lo cual nos llevó a su vez a vincular la constitución de los objetos empíricos de dicha teoría con lo que aquí hemos llamado “ontología de la experiencia”.

La primera conclusión que obtuvimos fue que la física newtoniana posee principios propios que son *a priori* en relación con su marco epistémico, y permiten la constitución de su ontología. Tales principios son las tres leyes de Newton, que a su

vez están relacionadas con las tres analogías de la experiencia, de carácter regulativo para el entendimiento, y constitutivo de sus objetos de experiencia. Posteriormente se identificó que la postulación de un espacio-tiempo curvo en la relatividad general, es análoga a la postulación de un espacio euclidiano y del orden temporal en la física newtoniana. Éstos sólo conforman el marco espacio-temporal en el que se constituyen los objetos que ha de estudiar una determinada teoría. En este sentido, tanto en la física newtoniana como en la relatividad general, encontramos que:

- Los marcos epistémicos postulan objetos (partículas, masas, campos, objetos geométricos...);
- Sus observables dependen de un conjunto formal de ecuaciones matemáticas;
- Los objetos que ambas teorías postulan, se analizan en marcos espacio-temporales;
- En las mediciones experimentales, el papel del observador depende directamente de las condiciones de objetividad que de entrada se establezcan para llevar a cabo un experimento;
- En ambas teorías se pueden establecer juicios sintéticos *a priori*;
- Los principios kantianos (categorías), mediante las cuales se constituyen objetos empíricos (permanencia de la substancia, causalidad y comunidad), al ser regulativos guían la experiencia y permiten llevar a cabo una síntesis, es decir, poseen a su vez un carácter constitutivo (ver [B296], [B692]).
- En ambas teorías existen principios sintéticos *a priori*. En física newtoniana serían, por ejemplo, las tres leyes de Newton; y la estructura geométrica del espacio euclidiano. En el caso de la relatividad general, serían, el principio de la constancia de la luz; el principio de covarianza: las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia; el espaciotiempo como una variedad riemanniana de dimensión 4; etc.

Con base en todo lo anterior, llegamos a la conclusión de que en la relatividad general, para constituir objetos de experiencia, se apela a condiciones de objetividad

de manera análoga a como se procede en la física newtoniana; esto es, definiendo una “ontología de la experiencia”, de carácter kantiano. Esto último constituye, a nuestro juicio, una de nuestras principales contribuciones de la presente investigación al problema de la relación entre las teorías científicas y la realidad.

IV. Con respecto a las críticas a Kant, formuladas a raíz de los revolucionarios avances en lógica, matemáticas y física —realizados hacia fines del siglo XIX y principios del XX—, los principales cuestionamientos han tenido que ver con la naturaleza de la geometría, asimismo con la naturaleza del espacio y el tiempo. Como vimos, autores como Helmholtz, Poincaré, y varios de los positivistas lógicos, consideraron que dichos avances presentaban serios problemas —quizá insalvables— para la epistemología kantiana. En este sentido, en la presente investigación nos propusimos dar una respuesta a dichas críticas:

- Helmholtz, Poincaré, Schlick, Carnap, se opusieron sobre todo a la idea kantiana de lo sintético *a priori*. Sin embargo, estos autores no identificaron que, para Kant, lo sintético *a priori* en geometría estaba vinculado a la manera como se llevaban a cabo las demostraciones en su tiempo, que por una parte se apelaba a un dibujo, a un diagrama; y por otra, a un razonamiento de carácter lógico. Asimismo, todos consideraron que Kant estaba postulando que “la forma de la intuición pura corresponde a una estructura euclidiana”, con lo cual hacía depender su teoría de la idealidad del espacio de la validez de la geometría.
- Helmholtz creyó haber demostrado la no necesidad intuitiva de la geometría euclidiana, y anticipó la idea de que el espacio puede verse como un “objeto de medida”. De ahí su conclusión de que no existe una necesidad apodíctica de la estructura euclidiana del espacio, lo cual consideró como una refutación de Kant. El error de este autor fue entender a Kant como afirmando que la “intuición espacial *a priori* es euclidiana”.
- Poincaré, por su parte, concluye que la noción de espacio no puede ser algo pre-existente. Frente a su convencionalismo, argumentamos que la aplicación

de una u otra geometría no es un asunto de convención sino del contenido epistémico de una teoría, el cual establece las condiciones para constituir las entidades de su ontología.

- Cassirer consideró, en cambio, que la relatividad le daba sustento a la epistemología kantiana, concibiendo al espacio y al tiempo como “funciones de objetivación”. Para Cassirer, hay una “función de espacialidad” en cada teoría física, por lo que la variedad espaciotiempo de la relatividad debe verse más como una prioridad lógica que como una prioridad física. Finalmente, el autor considera que en toda teoría física existen dos elementos *a priori*, tales que cada uno: (1) es relativo y dinámico (en relación con los sistemas teóricos cambiantes en el tiempo); y (2) es constituyente de la experiencia y válido para todo tiempo y lugar (condiciones de posibilidad de aplicación de los sistemas teóricos). Lo *a priori* es un elemento que está contenido en todo juicio sobre hechos.
- Para Schlick, el espacio y el tiempo son reales porque son medibles. El autor acuña el concepto de “coordinación”, como una función del pensamiento, que coordina principios con hechos. En este sentido, no existen los juicios sintéticos *a priori*, porque los juicios o son *a priori* o *a posteriori*. Sin embargo, a nuestro juicio, el error de Schlick estribó en haber interpretado la intuición, en el sentido de Kant, como “teniendo una determinada estructura objetiva”, lo que le añadiría el carácter de concepto empírico. Como vimos, en sentido kantiano, una intuición es no discursiva, es decir, no conceptual.
- Carnap distingue tres tipos de espacio: intuitivo, matemático y físico. Para este autor, sólo existe una geometría matemática, analítica y *a priori*; y una geometría física, sintética y *a posteriori*. En este último sentido, dimos varios argumentos en contra, dado que sólo puede hablarse de una “geometría física” en el contexto de una teoría física. Las geometrías (sean euclidianas o no) “no dicen algo del mundo”; lo que “dice algo del mundo” es la teoría física que recurre a alguna geometría para dar cuenta de los fenómenos y constituir sus objetos. Con la llegada de la relatividad, no surge algo así como una

“geometría física”, que, por tanto, pudiera considerarse como una refutación a Kant.

- Reichenbach distingue dos sentidos de lo *a priori* en Kant: (1) universal y válido para todo tiempo; y (2) constitutivo del objeto de experiencia. Asimismo, el autor considera que los objetos son constituidos, en las teorías, mediante una coordinación entre elementos conceptuales y lo dado en la intuición sensible. Además, argumenta que: (1) Toda teoría científica incorpora principios, los cuales operan como condiciones de posibilidad de la constitución de su ontología; y (2) Los principios, que conforman un sistema conceptual, operan en la experiencia, determinando *a priori* el ámbito del conocimiento empírico predicho por la teoría. Esto último está en concordancia con el enfoque asumido en la presente tesis, en relación con el concepto de “ontología de la experiencia” (ver capítulo III).

V. Finalmente, con respecto a uno de los problemas fundamentales de la tesis: la pregunta sobre si el espacio y el tiempo son entes del mundo, nos enfocamos en el contexto específico de la TRG. Nuestra conclusión fue que, en términos de su entidad fundamental, el espaciotiempo, la teoría no resuelve el problema ontológico planteado. Esto nos llevó por el camino del realismo científico en cuanto a las teorías sobre espacio y tiempo, con lo que pudimos fundamentar lo que aquí llamamos “un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo”.

En relación con lo anterior, en clave kantiana, retomamos la idea de que puede atribuirse una esencia a los objetos geométricos, pero no una naturaleza, ni, por tanto, una existencia. Por ello, desde una perspectiva estrictamente kantiana, la entidad espaciotiempo que la TRG postula, dado su carácter geométrico, no puede adquirir un sentido óntico, es decir, no sería un ente del mundo.

En cuanto a la mejor teoría que tenemos hoy en día sobre espacio y tiempo, la TRG, podemos mencionar las siguientes conclusiones:

- Los problemas enraizados en el marco epistémico y filosófico de la TRG dejan ver, sobre todo, una falta de unicidad ontológica y conceptual del espacio y el tiempo, a pesar del poder explicativo y éxito experimental de esta teoría.
- Las ideas de Gödel en cuanto al problema del tiempo, permiten especular sobre si el tiempo es un ente del mundo, reflexión que parece conducir a una reivindicación de Kant, en tanto que muestra que el tiempo no es una substancia ni una relación entre substancias, y por tanto, no sería algo objetivo.
- El lenguaje descriptivo, geométrico, del campo gravitacional, resulta no ser único, ya que éste puede también describirse como un “campo normado”.
- El estado del arte sobre la naturaleza de la entidad fundamental de la TRG, el espaciotiempo, muestra que no existen razones suficientes para afirmar que dicha entidad es una substancia o una relación entre substancias, lo cual nos lleva de nuevo a Kant.
- La mejor forma de entender, de manera realista, a las teorías sobre espacio y tiempo, es asumiendo una visión pluralista de raigambre kantiana; esto es, un pluralismo ontológico del espacio y el tiempo.

VI. Así, nuestra investigación intenta constituir una aportación al debate sobre el problema de la naturaleza del espacio y el tiempo, a la vez que propone una lectura alternativa de ciertas partes fundamentales de la filosofía trascendental kantiana, basada en un enfoque específico que retomó algunas lecturas contemporáneas. Sobre esta base, hemos delineado una nueva concepción sobre la relación entre individuo y mundo, entre nuestras representaciones y la realidad, en el ámbito de las teorías científicas, en particular en el caso específico de las teorías sobre el espacio y el tiempo.

Concluimos que la mejor postura realista, tanto sobre las teorías científicas como sobre de las entidades que éstas postulan, la ofrece una aproximación pluralista. El caso específico que analizamos fue el de las teorías de espacio y tiempo.

Apéndice A:

La idealidad del espacio en Kant y las geometrías no euclidianas⁴⁰⁵

Resumen

En este trabajo, al resaltar el rol de la intuición en la concepción kantiana de la matemática (la cual considera que esta ciencia procede por construcción de conceptos, a partir de una intuición pura), a la vez de desarrollar la teoría sobre la idealidad del espacio —presente en la *Crítica de la Razón Pura*, que va de la Exposición Metafísica a la Exposición Trascendental, y a diferencia de lo dicho por críticos como Hans Reichenbach y otros—, se muestra que la teoría de la idealidad del espacio no depende del carácter sintético *a priori* de los juicios de la geometría, y es independiente de ésta, toda vez que la geometría euclidiana es sólo un ejemplo de una ciencia que posee dichos juicios. Esto último nos conducirá a concluir que la teoría de la idealidad del espacio no necesariamente queda refutada a la luz de las geometrías no euclidianas, y en el contexto de la teoría de la relatividad, por lo que dicha teoría, en un cierto sentido, no ha perdido vigencia con la llegada de las geometrías no euclidianas, y su aplicación al análisis del mundo físico, independientemente de que pueda implicar, por esta vía kantiana, que la teoría de la relatividad ha de ser “doblemente fenoménica”, y en atención a su vez del éxito empírico de ésta.

Palabras clave. Kant, espacio, intuición, geometría euclidiana, geometrías no euclidianas, relatividad.

The ideality of space in Kant and non-Euclidean geometries

⁴⁰⁵ Publicado en Revista *FILOSOFÍA* no. 24, enero-diciembre de 2013, pp. 7-22.

Abstract

In this work, highlighting the role of intuition in the Kantian conception of mathematics (which believes that science proceeds by construction of concepts, from a pure intuition), while developing the theory of the ideality of space —present in the *Critique of Pure Reason*, which goes to the Metaphysical Expositions to Transcendental Expositions, unlike what was said by critics as Hans Reichenbach and other— is shown that the theory of the ideality of space depends on the character synthetic a priori judgments of geometry, and is independent of it, since Euclidean geometry is just one example of a science that has such judgments. This leads us to conclude that the theory of the ideality of space is not necessarily refuted in the light of non-Euclidean geometries, and in the context of the theory of relativity, so that theory, in a sense, not has become obsolete with the advent of non-Euclidean geometries, and its application to the analysis of the physical world, whatever that may mean, in this way Kant's theory of relativity has to be "twice phenomenal", and in response to in turn this empirical success.

Keywords. Kant, space, intuition, Euclidean geometry, non-Euclidean geometries, relativity.

Una ciencia de todos estos tipos
posibles de espacio sería sin duda
la más alta geometría que un
entendimiento finito podría acometer.

Immanuel Kant

Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte

Incluso pondría la tesis que se defenderá
aquí de un modo más fuerte:
ignórese la distinción entre lo analítico y lo sintético
y no se estará equivocando en relación
a ningún problema filosófico que no
tenga que ver específicamente con esta distinción.
Inténtese usarla como un arma de discusión
filosófica, y se estará consistentemente equivocado.

Hilary Putnam

En términos generales, existe una visión bastante aceptada en el ámbito de la filosofía de la ciencia, tal que desde el marco del positivismo lógico, y después de éste, la filosofía kantiana del espacio ha sido “superada” por la teoría de la relatividad (Dorato 2002), sobre todo por la aplicación de las llamadas geometrías no euclidianas al análisis del mundo físico, posibilitando especulaciones como la de Einstein: “¿es válida la geometría euclidiana en el mundo físico o lo es otra geometría?” (Einstein 1926/2005). Con lo que, a su vez, plantea el problema de si la teoría de la relatividad resulta ser “doblemente fenoménica” (Parellada 2003). Así, muchas de las objeciones y críticas llevan a cabo una lectura de Kant tal que interpretan que la tesis sobre la idealidad del espacio, depende de la tesis de la a prioridad de la geometría euclidiana (Russell 1976)⁴⁰⁶, dando como resultado, a la luz de la física moderna, la tan recurrente visión de que las geometrías no euclidianas, al aplicarlas al análisis del mundo físico, y en el contexto de la teoría de la relatividad, refutan las concepciones de Kant (Reichenbach 1920, 1958). Así, en este trabajo, una vez tratada la teoría de la idealidad del espacio de Kant —en relación con el rol de la intuición, y sus concepciones sobre la geometría—, se llevará a cabo una revisión de sus ideas en el marco de las geometrías no euclidianas, con lo que, finalmente, se establecerán argumentos que muestren a su vez que, en ciertos aspectos, dichas geometrías y su aplicación al análisis del mundo físico, vía la teoría de la relatividad, no le restan vigencia a las concepciones kantianas sobre el espacio.

De una u otra forma, las críticas a la teoría kantiana del espacio y la geometría giran en torno a dos puntos fundamentales⁴⁰⁷ (Marcucci 2004):

⁴⁰⁶ En la misma línea de interpretación, y en un cierto sentido, un autor como Strawson considera que la teoría de la geometría en Kant está referida a los principios de la geometría euclidiana, y a la validez de estos principios, antes de establecer argumentos que demuestren la naturaleza *a priori* del espacio. Con lo que se puede llegar a interpretar, de nuevo, que la tesis de la a prioridad del espacio depende de la tesis de la a prioridad de la geometría.

⁴⁰⁷ Varias, y muy sustanciosas son las críticas hechas a Kant de esta vía de su obra, desde sus primeros críticos como: F. H. Jacobi, K. L. Reinhold o S. Maimon, e incluso lo llevado a cabo por Norman Kemp Smith en su obra *A Commentary to Kant's Critique of Pure Reason*, a la vez de otros autores del siglo XX, tales como: J. Hintikka, H. J. Paton, P. F. Strawson, P. Guyer, etc.

- (1) Están sustentadas en un cierto desconocimiento de los textos kantianos.⁴⁰⁸
- (2) Llevan a cabo una interpretación tal que consideran que la tesis sobre la idealidad del espacio se deriva de la tesis de la a prioridad de la geometría euclidiana.

En relación con el punto 2, autores como Bertrand Russell (Russell 1976), por ejemplo, llevaron a cabo una revisión de ciertas tesis kantianas, y éste como muchos otros, ha interpretado que Kant sustenta su idea de la intuición *a priori* del espacio sobre la base de que la geometría euclidiana sea válida (ver Horstmann 1973), lo que incide negativamente sobre la teoría de la idealidad del espacio, aunque precisamente, llevar a cabo tal interpretación de Kant, no sólo conduciría a un rechazo de sus concepciones sobre la geometría, a la luz de las geometrías no euclidianas, sino que conlleva a su vez a ciertas problemáticas de carácter lógico, ya que establece, por ejemplo, el problema de la lógica formal vs la geometría sintética (Parellada 2003)⁴⁰⁹.

Ahora bien, cabe señalar que, como lo establece Amit Hagar en un reciente artículo: “El debate sobre la filosofía de la geometría de Kant se centra en dos temáticas relacionadas. El primero concierne al rol de la intuición en Kant de acuerdo con el conocimiento matemático; el segundo —a los argumentos de Kant con respecto a este rol.”⁴¹⁰ (Hagar 2008, p. 85) Así, en este último sentido es que quisiera comenzar revisando el rol de la intuición en Kant, en relación con la matemática. Ya que, a la luz de los hallazgos de las geometrías no euclidianas, es común la creencia

⁴⁰⁸ Un hecho importante en relación con este punto se refiere a una obra temprana de Kant de 1747: *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte*, ya que en ésta “Kant afirma sin términos medios que existen, o pueden existir, más espacios además del espacio en tres dimensiones, cuyo <<fundamento>>, por otra parte, <<es todavía desconocido>>.” (Marcucci 2004, p. 42)

⁴⁰⁹ Según Ricardo Parellada (2003), si Kant argumenta que todas las proposiciones de la geometría euclidiana son sintéticas *a priori*, es necesario referirse a la lógica analítica de Leibniz, por lo que habría que distinguir entre la necesidad analítica, lógica o conceptual; y la necesidad sintética, intuitiva o espacial. No es menester aquí revisar en detalle tal tesis, sólo habría que señalar que tal concepción radica en un error de interpretación, pues como lo han hecho saber autores como Amit Hagar (2008) y Michael Friedman (1992), entre otros, para Kant, la geometría euclidiana sólo es un ejemplo de una ciencia cuyos juicios son sintéticos *a priori*, y en cierto sentido, el carácter euclidiano del espacio sólo es una consecuencia del proyecto kantiano, por lo que podría identificarse, con ciertas reservas, que las geometrías no euclidianas son lógicamente imposibles para Kant.

⁴¹⁰ “The debate on Kant’s philosophy of geometry focuses on two related but different issues. The first concerns the role of intuition in Kant’s account of mathematical knowledge; the second —Kant’s arguments for that role.” Todas las traducciones del inglés son mías.

de que las concepciones de “intuición matemática”⁴¹¹, y la sinteticidad de los juicios en geometría, no se sostienen; considero así que resulta fundamental identificar el rol que Kant le confiere a la intuición en la “construcción matemática”.

Cabe señalar que para Kant: “Cualesquiera sean la manera y los medios por los que un conocimiento (Erkenntniß) se refiera a objetos (Gegenstände), aquella [manera] por la cual se refiere a ellos inmediatamente, y que todo pensar busca como medio, es la *intuición* (die Anschauung)” <A19>[B33]. Es decir: “Intuición es una especie de representación (*Vorstellung*) o, en el lenguaje de Descartes y Locke, idea. Teniendo intuiciones es una de las formas primarias en las cuales la mente puede relatar a o ser consciente de objetos.”⁴¹² (Parsons 1982, p. 14) Por lo que todo objeto de una intuición es “una forma directamente presente en la mente”, una forma de representación inmediata del objeto. Y de este modo: “La capacidad (receptividad) de recibir representaciones gracias a la manera como somos afectados por objetos, se llama sensibilidad (Sinnlichkeit). Por medio de la sensibilidad, entonces, nos son dados objetos, y sólo ella nos suministra *intuiciones*.” <A19>[B33] Kant menciona que la intuición corresponde a una representación dada a través de un *objeto singular*, el cual se presenta a la mente, por medio de la sensibilidad, y a su vez, toda experiencia es posible bajo condiciones que implican una referencia a la intuición.⁴¹³ Si para Kant, como puede verse en la Doctrina Trascendental del Método⁴¹⁴, la matemática es una ciencia que parte de una intuición y procede por construcción de conceptos, es factible identificar cómo la construcción de conceptos en matemáticas

⁴¹¹ Este concepto resulta sumamente contradictorio, pues no existe un consenso completo sobre lo que ha de entenderse por intuición en matemáticas, por ejemplo, a la luz de la filosofía kantiana, Alfredo Ferrarin afirma: “We need to take seriously Kant’s notion that mathematical construction is the understanding’s determination of sense: the intuition in which we construt mathematical objects is not just a means, an auxiliary ladder to throw away after using it, because it exhibits the objetive validity of mathematical definitions in space ad time. And the question of syntheticity in mathematics cannot be reduced to a discussion of its method or its demonstrative procedure: intuition accounts first of all for the synthetic genesis of concepts and judgments.” (Ferrarin 1995, p. 137) El autor considera así que la construcción matemática de un esquematismo y la exhibición *a priori* de un concepto en la intuición están íntimamente relacionados.

⁴¹² “Intuition is a species of representation (*Vorstellung*) or, in the language of Descartes and Locke, idea. Having intuitions is one of the primary ways in which the mind can relate to or be conscious of objects.”

⁴¹³ De aquí que sea común identificar que Kant localiza primeramente en la sensibilidad, antes que en el entendimiento, la forma pura del conocimiento geométrico.

⁴¹⁴ Cfr. “El conocimiento *filosófico* es el *conocimiento racional* por *conceptos*; el matemático [es el conocimiento] por *construcción* de los conceptos.” <A713>[B741]

se lleva a cabo mediante “la exposición *a priori* de la intuición que le corresponde”, es decir:

Construir un concepto significa: exhibir *a priori* la intuición que le corresponde. Para la construcción de un concepto se requiere, pues, una intuición *no empírica*, que por consiguiente, como intuición, es un objeto *singular*, pero que sin embargo, como construcción de un concepto ([como construcción] de una representación universal) debe expresar, en la representación, validez universal con respecto a todas las intuiciones posibles que hayan de estar bajo ese concepto. <A713>[B741]

Si la matemática constituye un cuerpo de conocimientos necesarios, éstos han de configurarse, bajo aspectos fundamentales, independientemente de la experiencia, por tanto *a priori*; sin embargo, tal cuerpo de conocimientos no se encuentra excluido de apelar a una relación directa con las intuiciones, con las formas puras de la intuición sensible. Llegados aquí, el rol de la intuición es fundamental en la construcción de conceptos en matemáticas, y asimismo, las dos formas puras de la intuición sensible; por lo que espacio y tiempo juegan a su vez un papel fundamental en la construcción de un cuerpo de conocimientos como lo es la matemática.⁴¹⁵ Finalmente, como menciona Michael Friedman: “Kant caracteriza el rol distintivo de nuestra intuición pura del espacio en geometría en términos de lo que él llama <construcción en intuición pura>, y él ilustra este rol con ejemplos de la construcción geométrica de los *Elementos* de Euclides.”⁴¹⁶ (Friedman 2009, p. 1) Habrá que señalar que Kant sólo presenta a la geometría euclidiana como un caso de una ciencia que construye un conocimiento a partir de una intuición pura, de una forma pura de la intuición sensible: el espacio, lo cual puede identificarse, por la línea de interpretación que hemos establecido, en la Exposición Trascendental.

Para nuestros intereses, en el caso de la geometría, el conjunto de sus conceptos tiene que ver con las propiedades y representaciones de la intuición pura del espacio, lo cual sólo ha de ser posible si, apoyándose en intuiciones, pueden ser

⁴¹⁵ El tiempo en la aritmética, el espacio en la geometría.

⁴¹⁶ “Kant characterizes the distinctive role of our pure intuition of space in geometry in terms of what he calls “construction in pure intuition,” and he illustrates this role by examples of geometrical construction from Euclid’s *Elements*.”

formados juicios sintéticos *a priori*. Es decir, independientemente de todas las controversias que las concepciones de Kant sobre la geometría han despertado, la intuición espacial se encuentra en la base de todos los juicios de la geometría y, como puede llegar a verse: de cualquier geometría, y tiene un rol fundamental para la construcción de un cuerpo de conocimientos, de un sistema conceptual lógicamente consistente, acaso también en los sistemas conceptuales, de carácter analítico, de las geometrías no euclidianas.

Ahora bien, con respecto a la teoría de la idealidad del espacio en su relación con la geometría euclidiana, cabe señalar que el hecho de que Kant sostenga la idea de la a prioridad sintética en geometría, no significa necesariamente que dicha tesis pueda explicar la posibilidad o no de otras geometrías, como ha sido interpretado por positivistas lógicos como Reichenbach. Así, como bien señala Henry Allison (1992): “La tesis de la idealidad trascendental es, en esencia, que los predicados espaciales están limitados a los <<objetos de la sensibilidad>>, i.e., a los fenómenos, o, lo que es lo mismo, que estos predicados no son aplicables a las cosas <<cuando se consideran en sí mismas mediante la razón, i.e., sin tener en cuenta la constitución de nuestra sensibilidad>> <A28>[B44]” (Allison 1992, p. 173) En este sentido, la intuición *a priori* del espacio sólo es posible, si precisamente le presenta a la mente su propia forma de la sensibilidad⁴¹⁷, es decir, el contenido de las representaciones del espacio radica en las formas de la sensibilidad humana, de aquí que finalmente: el carácter *ontológico* del espacio se acerca más a la idea de la imposibilidad de asignar las propiedades espaciales a las cosas en sí, y por algo, está fuera de las representaciones de nuestra mente y de las formas propias de nuestra sensibilidad. Así que, identificando lo dicho en las Exposiciones Metafísica y Trascendental, muchas interpretaciones, como se mencionó al principio, se han centrado en suponer que la tesis de la a prioridad sintética del espacio en Kant depende de la validez de la tesis de la a prioridad de la geometría euclidiana⁴¹⁸, y dejan de lado el camino

⁴¹⁷ Hay que aclarar que una vía de interpretación y crítica a Kant, en relación con éste y otros puntos, proviene de lo que ya Norman Kemp Smith señaló en su obra *A commentary to Kant's Critique of Pure Reason*, de manera que llega a considerar un carácter psicológico, en relación con la teoría kantiana de la idealidad del espacio.

⁴¹⁸ De aquí que diversos autores se hayan dado a la tarea de revisar la epistemología kantiana de la geometría, pero dándole más peso al hecho de que Kant basó sus argumentos precisamente en la condición de a prioridad de la geometría euclidiana, y cómo incluso sus tesis no se “sostienen” debido al surgimiento de las geometrías no

seguido por Kant, en cuanto a cómo va de la Exposición Metafísica a la Exposición Trascendental, tal que en ésta última se postula la a prioridad de la geometría euclidiana, pero sólo como un ejemplo de una ciencia que establece una representación del espacio, y posee juicios sintéticos *a priori*.⁴¹⁹

Así, desde el parágrafo 2 de la Estética Trascendental (§ 2. *EXPOSICIÓN METAFÍSICA DE ESTE CONCEPTO*) Kant nos dice: “El espacio es una representación *a priori* necesaria que sirve de fundamento de todas las intuiciones externas.” <A24> Es decir, el espacio resulta ser una intuición *a priori* que está en la base de todos los conceptos de espacio, y a su vez:

El espacio no es un concepto discursivo, o, como se suele decir, universal, de relaciones de las cosas | en general; sino una intuición pura. [...] Él es esencialmente único; lo múltiple en él, y por tanto, también el concepto universal de espacios en general, se basa simplemente en limitaciones. [...] El espacio es representado como una cantidad infinita *dada*. [...] Por tanto, la representación originaria de espacio es *intuición a priori*, y no *concepto*. <A24-25>/[B38-40]

Se establece de cierta manera, que el espacio, en cuanto intuición pura, puede dar lugar a un número específico de espacios que están circunscritos a Éste, espacios de n dimensiones o formas, incluyendo, según el caso⁴²⁰, aquéllos espacios curvos de las geometrías no euclidianas, de manera que: “Dichos espacios son, evidentemente, construcciones intelectuales; tienen en su origen una intuición

euclidianas y su condición empírica en la construcción de sus proposiciones, lo que conlleva a revisar el concepto de *a priori*. Para un análisis sustancioso de la epistemología de la geometría puede consultarse el texto *Space, Time and Spacetime* de Lawrence Sklar, específicamente el capítulo II, donde el autor lleva a cabo un análisis amplio sobre distintas concepciones sobre la geometría, y su relación con teorías del espacio como las de Kant, además de las diversas críticas a las que ha sido sometida, desde su concepción de lo *a priori* constitutivo, como lo dicho por Helmholtz y Poincaré, y a su vez, a la luz de la física moderna.

⁴¹⁹ Es importante separar entre geometría matemática y geometría física, en el sentido del tipo de cuestionamientos como el de Einstein, mencionado al principio, pues cabe señalar que si ha de aplicarse alguna geometría al análisis de los fenómenos físicos, ésta debe dar noción de la estructura espacial del mundo, lo cual nos lleva a tensar la separación entre geometría matemática y geometría física, la llegada de las geometrías no euclidianas, consideradas de carácter analítico, ha llevado a afirmar que la geometría del mundo no es la euclidiana, sin embargo, esto no invalida completamente las tesis kantianas sobre la geometría, puesto que Kant se refiere sólo a la geometría euclidiana, y ésta no precisa de tratamiento analítico. La geometría matemática trata de objetos matemáticos, la geometría física está referida a los fenómenos, por algo debe dar cuenta de una conexión entre los objetos matemáticos y los objetos de la experiencia.

⁴²⁰ Aquí me refiero específicamente al punto: (1) Están sustentadas en un cierto desconocimiento de los textos kantianos, especificado líneas arriba.

espacial <<única>> y, podemos añadir, <<infinita>>, la cual precisamente por serlo, es —como dice Kant— <<a priori (no empírica)>> y <<está en la base de todos los conceptos de espacio>>.” (Marcucci 2004, p. 43-44) Así, como Kant llega a establecer en la Exposición Trascendental, la fuente de la unidad de los objetos espaciales de la geometría (euclidiana), se encuentra en la representación original del espacio, dada ya en la Exposición Metafísica, pues:

Kant concibe que la representación original del espacio descrita en la Exposición Metafísica es tanto para garantizar como para constreñir la producción de objetos geométricos elementales, tal que los axiomas de la geometría codifican y describen. [...]

Kant concluye la Exposición Trascendental mostrando que el sentido externo puede ser la fuente del conocimiento sintético y *a priori* sobre los objetos espaciales *solamente* sobre el presupuesto de la conclusión de la Exposición Metafísica, y también aceptando que el espacio es *subjetivamente* el suministro de la forma pura de la sensibilidad.⁴²¹ (Shabel 2010, p. 106)

Por lo que, en cierto sentido fundamental, independientemente de que Kant se refiera sólo a la geometría euclidiana, y no haya hecho explícitamente la distinción entre geometría matemática y geometría física, sin pérdida de generalidad, y como se ha establecido: la intuición espacial está en la base de todas las geometrías; así, en atención a la teoría de la idealidad: el espacio es una condición subjetiva de representación de los objetos, pero no un rasgo objetivo ni determinación de éstos.⁴²² Y además, la geometría euclidiana, la única a la que Kant se refiere, es fielmente una geometría intuitiva, y es a su vez la que nos permite hacernos una idea, suficientemente consistente, de lo que acontece en el mundo. “Todavía, la

⁴²¹ “Kant conceives the original representation of space that is described in the Metaphysical Exposition both to warrant and constrain the production of the elemental geometric objects that the axioms of geometry codify and describe. [...] Kant concludes the Transcendental Exposition by showing that outer sense can be the source of synthetic and *a priori* cognition about spatial objects *only* upon presupposing the conclusion of the Metaphysical Exposition, and also accepting that space is the *subjetively* supplied pure form of sensibility.”

⁴²² *Cfr.* “El espacio no representa ninguna propiedad de cosas en sí, ni [las representa] a ellas en la relación que tienen entre ellas, es decir, [no representa] ninguna determinación de ellas que sea inherente a los objetos mismos, y que subsista aunque se haga abstracción de todas las condiciones subjetivas de la intuición.” <A26>/[B42]

consistencia de las geometrías no euclidianas es solamente *relativa*: éstas son consistentes si la geometría euclidiana lo es. Pero ¿qué es lo seguro de la geometría euclidiana? Asumiendo su verdad, no hay alternativa más que apelar a su carácter sintético, de ahí a la intuición pura.”⁴²³ (Hagar 2008, p. 88) Por tanto, la llegada de las geometrías no euclidianas no representa ningún problema para las ideas de Kant sobre la geometría, además de a su teoría de la idealidad del espacio, pues puede verse que el dominio de la geometría euclidiana está restringido al mundo fenoménico, y en parte, el dominio de las geometrías no euclidianas, vía su aplicación al análisis del mundo físico, también, aunque habría que distinguir entre lo que Kant entiende como la forma pura de la sensibilidad externa: el espacio⁴²⁴, y lo que constituye el espacio omnicomprensivo, donde este último se refiere a aquél susceptible de <una posible experiencia>, y que se encuentra en el ámbito de lo que se entiende como espacio físico, el cual, aún y aunque sea o se conciba como no euclidiano, lo fenoménico está ya referido, pues existe una “referencia euclidiana” que permite comprender *objetivamente* los fenómenos y/o eventos.

Para finalizar, resulta relevante hacer una compacta revisión sobre el carácter de las geometrías no euclidianas, en relación con las ideas de Kant, concluyendo con ciertos argumentos relacionados a su vez con la aplicación de las geometrías no euclidianas a la teoría de la relatividad.

Como Hagar (2008) también señala, habría que hacer notar que si existe una relación lógica entre diversas concepciones en la teoría kantiana del espacio, tal relación considera:

- El carácter metafísico del espacio.
- La posibilidad de una geometría sintética *a priori*.

⁴²³ “Yet, the consistency of non-Euclidean geometries is only *relative*: they are consistent if euclidean geometry is. But what secures Euclidean geometry? Assuming it is true, there is no alternative but to appeal to its synthetic character, hence pure intuition.”

⁴²⁴ *Cfr.* “El espacio *a priori* <<no es nada en sí>>, ni es un objeto (Objekt), sino que significa <<aquel que es presupuesto por cualquier otro espacio relativo que yo puedo pensar como exterior al espacio que me es dado y que retrotraigo indefinidamente más allá de todo espacio que nos sea dado y al que comprende. (Ak., IV, 481, 23-37). Tomado de “estudio preliminar” a *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*, de José Aleu Benítez, pag. XXV.

- La naturaleza euclidiana de nuestras apariencias.

Lo que, por mucho, nos conduce a una pregunta fundamental: ¿cuál es la geometría que puede aplicarse a la interpretación del mundo físico? Así, Einstein consideró que si puede hablarse de una geometría física, en cuanto a su carácter verdadero, sólo puede ser decidido en base a la experiencia. Sin embargo, como puede verse, Kant no distinguió entre una geometría física y una geometría matemática, pura o formal, por lo que, en gran parte, resulta inadecuado a su vez, interpretar su tesis de la idealidad del espacio partiendo de la pretensión de que Kant basó dicha tesis en el carácter *a priori* de la geometría euclidiana, y a su vez, evaluarla con respecto al carácter de las geometrías no euclidianas, como lo han hecho diversos autores (puede verse Reichenbach (1925), Kemp Smith (1918), Guerrero (2005), entre otros).⁴²⁵ En el caso de Reichenbach (1925, 1958) por ejemplo, éste lleva a cabo una lectura de Kant tal que concibe que:

- La teoría de la idealidad del espacio como forma pura de la intuición sensible está sustentada en el “carácter *a priori* de la geometría euclidiana”.
- Partiendo de lo anterior, la asunción del carácter *a priori* del espacio debe abandonarse a la luz del problema de la aplicación de la geometría euclidiana al análisis del mundo físico; y más todavía, debe abandonarse a partir también del surgimiento de las geometrías no euclidianas, concebidas como un cuerpo de conocimientos de carácter analítico.

De ahí que Reichenbach concluya que si falla la teoría de Kant de la geometría, esto llega a implicar que la aplicación de la geometría euclidiana al análisis del mundo físico también falla. Finalmente, todo esto nos debería conducir a aceptar que las ideas de Kant sobre la geometría y su teoría de idealidad del espacio

⁴²⁵ En contraposición con estas líneas de pensamiento, tanto Horstmann como incluso autores como Ted Humprey [“The Historical and Conceptual Relations between Kant’s Metaphysics of Space and Philosophy of Geometry”, *Journal of History of Philosophy*, 11(1973)] y Henry E. Allison (1983) consideran que la doctrina de la idealidad del espacio en Kant es lógica e históricamente independiente de sus concepciones sobre la geometría.

deben abandonarse.⁴²⁶ Aunque: “Como siempre, esta clase de argumentación ignora el hecho que es menos concebible que, aunque los problemas enraizados sobre la cuestión de la aplicabilidad de la geometría euclidiana a la realidad puede sugerir la equivocación de la doctrina del carácter *a priori* del espacio y el tiempo, la razón no puede ser encontrada en una falla de la teoría kantiana de la geometría.” (Horstmann 1973, p. 19) Como ha podido verse, el espacio es una condición subjetiva de representación de los objetos, pero no un rasgo objetivo ni determinación de éstos.⁴²⁷ Si bien, con la llegada de las geometrías no euclidianas y su aplicación al análisis del mundo físico, no es posible afirmar categóricamente que la geometría euclidiana sea la propia del mundo físico⁴²⁸, ésta, primordialmente, da cuenta del mundo fenoménico, como en cierto sentido las geometrías no euclidianas, es quizá seguro que éstas últimas en un sentido que yo llamaría “indirectamente empírico”.⁴²⁹ Aun así, es el sujeto, independientemente de cuál geometría aplique al conocimiento del mundo, quien tiene noción de lo que un fenómeno le permite conocer.

Así, en relación con las geometrías no euclidianas⁴³⁰, éstas mantienen en términos generales los cuatro primeros postulados de Euclides, y se construyen a partir de la negación del quinto postulado. Constituyen sistemas consistentes de

⁴²⁶ Cfr. “In kantian terminology, mathematical geometry holds indeed *a priori*, as Kant asserted, but only it is analytic. Physical geometry is indeed synthetic; but it is based on experience and hence does not hold *a priori*. In neither of the two branches of science which are called “geometry” do synthetic judgments *a priori* occur. Thus Kant’s doctrine must be abandoned.” [Rudolf Carnap en “El comentario introductorio a la edición inglesa” de *The Philosophy of Space and Time* de Hans Reichenbach]

⁴²⁷ Cfr. “El espacio no representa ninguna propiedad de cosas en sí, ni [las representa] a ellas en la relación que tienen entre ellas, es decir, [no representa] ninguna determinación de ellas que sea inherente a los objetos mismos, y que subsista aunque se haga abstracción de todas las condiciones subjetivas de la intuición.” <A26>/[B42]

⁴²⁸ Este problema está relacionado con el problema de la percepción, y a su vez, con problemas relacionados con la construcción del conocimiento por medio de nuestro aparato cognitivo, lo que conduce a cuestiones como: ¿por qué nuestra percepción espacial del mundo físico es de carácter euclidiano? Sin embargo, revisar dichas problemáticas rebasan en mucho los alcances del presente trabajo.

⁴²⁹ Con respecto a este punto es que llega a sustentarse la posibilidad de afirmar que la teoría de la relatividad resulta ser doblemente fenoménica, sólo habría que señalar que si bien, por vía kantiana, puede argumentarse desde la teoría de la idealidad del espacio, que el mundo fenoménico es *ad hoc* al carácter subjetivo de nuestras percepciones del espacio, las cuales son euclidianas, el caso de las geometrías no euclidianas no deja de lado dicho carácter fenoménico, puesto que de una u otra forma, la verificación experimental de las predicciones de la relatividad general se lleva a cabo por vía indirecta, y los fenómenos globales pueden bien inferirse, en concordancia con aspectos topológicos, y derivados del carácter inherente de las geometrías no euclidianas.

⁴³⁰ En términos generales, dos son las conocidas como geometrías no euclidianas: *la hiperbólica*, desarrollada por Gauss, Janos Bolyai y Lobachevsky, de curvatura negativa, y en donde los ángulos interiores de un triángulo suman menos de 180 grados; *la elíptica*, de curvatura positiva. Asimismo, la generalización de éstas, la dan las geometrías de Riemann, de curvatura constante, en las cuales, estas últimas, son las que se aplican a la teoría de la relatividad general.

carácter analítico, pero finalmente: existe una compatibilidad lógica entre éstas y la geometría euclidiana. Ahora bien, decir que por la vía de la teoría de la relatividad, la tesis de la idealidad del espacio de Kant queda refutada, debido a la aplicación de las geometrías no euclidianas al análisis del mundo físico, y a la luz de los resultados experimentales que confirman precisamente que la teoría del espacio físico es la teoría de la relatividad (Parellada 2003), constituye un argumento precipitado, y que deja a la deriva hechos como que las dos versiones de dicha teoría: la especial y la general, que conciben un espacio-tiempo como una variedad (manifold) cuatridimensional, pero cuyas métricas⁴³¹, en cierta forma, difieren, pues en la primera la métrica es precisamente la del espacio llamado Espacio de Minkowski, y en la segunda, ésta está relacionada con la geometría diferencial a varias dimensiones de Riemann (ver por ejemplo Einstein (1916), (1926) y (1957), todas contenidas en Einstein (2005)). Por lo que de esto podemos desprender una cuestión: ¿qué implicaciones filosóficas tiene el hecho de que el espacio-tiempo de la relatividad especial no sea precisamente euclidiano, pero fenomenológica y empíricamente se asemeje a éste, y el de la relatividad general: de por sí no euclidiano, considerado un caso general del de Minkowski, quede “fuera del mundo fenoménico kantiano”, pero que aún así no sea el caso para la experiencia de éste?⁴³² Y además, existen, por decirlo de una forma, ciertas incompatibilidades entre ambas versiones de la relatividad; pues si bien, en la especial, no existen marcos de referencia privilegiados (en cuanto a observadores inerciales), en la relatividad general sí puede hablarse de un marco de referencia privilegiado ó absoluto, y a su vez, localmente, el espacio-tiempo es el de Minkowski, pero dado que por la misma localidad, bien puede concebirse semejante a un espacio

431 Una métrica es en términos generales una fórmula para el intervalo espacio-temporal entre dos eventos; cada punto del espacio-tiempo corresponde a un evento determinado en términos de coordenadas globales: x, y, z, t , de tal forma que la métrica del espacio de Minkowski es: $ds^2 = -dt^2 + (1/c^2)(dx^2 + dy^2 + dz^2)$, aquí c es la velocidad de la luz. En la relatividad general, debido a la presencia de materia y del campo gravitatorio, el espacio-tiempo es curvo, y la métrica tiene que ver con la teoría de superficies de Gauss, por lo que corresponde a: $ds^2 = \sum_{\mu\nu} g_{\mu\nu} dx_\mu dx_\nu$, tal que $\mu, \nu = 1, \dots, 4$, y las $g_{\mu\nu}$ son funciones de las coordenadas x_μ y x_ν espacio-temporales, por lo que, en términos generales, la ecuación de campo de Einstein es: $\mathbf{G} = 8\pi\mathbf{T}$, donde la expresión del lado izquierdo representa el “tensor de Einstein”, que describe la curvatura del espacio-tiempo en una forma métrica; y la expresión \mathbf{T} representa el tensor de energía, el cual describe la distribución, densidad y presión de la masa-energía-momento en la región especificada del espacio-tiempo.

432 Una sencilla respuesta a esto tiene que ver con la idea de que en la relatividad especial se habla de “eventos” de carácter local, mientras que en la relatividad general nos estamos refiriendo a eventos de carácter global.

euclidiano para tener noción de los fenómenos y/o eventos, a pesar de que globalmente, en relatividad general, el espacio es no euclidiano y la materia lo “deforma”, aún y así es posible tener noción empírica de ello, lo que conlleva a identificar un problema de fondo: el posible aspecto doblemente fenoménico de la relatividad. Atendiendo a esto último, aunque si bien, Kant puede interpretarse en el contexto de un espacio-tiempo euclidiano, y la relatividad no, resulta evidente que quien de una u otra manera da cuenta de la experiencia de todo fenómeno y/o evento: es el sujeto. Llegados aquí: la idea kantiana del carácter subjetivo, ideal del espacio es inmune, más a nivel epistemológico, que ontológico, en el marco de la teoría de la relatividad, aunque: ¿posee el espacio una realidad objetiva?, es decir, ¿constituye un ente del mundo?; cabe señalar que, en cierto sentido: el conocimiento y los problemas filosóficos que se derivan de la relatividad especial y general sobre el espacio, darían más una respuesta negativa a dichos cuestionamientos. A pesar de que la teoría de la relatividad ha llegado a considerarse la verdadera teoría del espacio físico, dado su éxito empírico, no existen fundamentos suficientes para rechazar la teoría de la idealidad del espacio de Kant, debido a que se enmarca en el ámbito de la geometría euclidiana, y frente a las consecuencias filosóficas sobre el carácter euclidiano ó no que haya traído la relatividad. Finalmente, resulta obvio que el conjunto de los conceptos con los que se construyen las geometrías no euclidianas (puntos, líneas rectas, planos, áreas, ángulos, etc.) proviene del conjunto de los conceptos de la geometría euclidiana (de carácter intuitivo), y a su vez, el éxito empírico de la teoría de la relatividad, a partir de sus predicciones teóricas, muestra, entre otros, un hecho bastante curioso:

El principio de que la luz viaja en línea recta no es una definición de “línea recta”: como tal no tendría esperanza alguna, ya que contiene el término geométrico “viaja”. La misma objeción surge si decimos: “una línea recta se define como la trayectoria de un rayo de luz”. En este caso, la definición de “línea recta” utiliza el término topológico “trayectoria”. El principio de que la luz viaja en línea recta es simplemente una ley de la óptica, nada más ni nada menos serio que eso. Lo que con frecuencia se llama “interpretación de la geometría matemática” se describe más acertadamente como el someter a prueba la conjunción entre la teoría geométrica y la teoría óptica... Antes

de Einstein, los principios geométricos tenían exactamente el mismo *status* que los principios analíticos, o mejor dicho, tenían exactamente el mismo *status* que todos los principios que los filósofos citan equivocadamente como analíticos. Después de Einstein, especialmente después de la teoría general de la relatividad, tienen exactamente el mismo *status* que las leyes cosmológicas: esto se debe a que la relatividad general establece una compleja interdependencia entre la cosmología y la geometría de nuestro universo. (Putnam 1962, p. 30-1)

Así, el que en términos generales, la relatividad general sea la teoría del espacio físico real, no implica necesariamente que las tesis kantianas sobre el espacio sean refutadas, esto constituye más un terreno de análisis fértil, a la luz, incluso, de las diversas contradicciones, en relación al espacio, entre teorías ampliamente aceptadas (relatividad y mecánica cuántica por ejemplo), y a la luz también de nuevas investigaciones insertadas en el ámbito de las filosofías del espacio, el tiempo y el espacio-tiempo (puede verse Reichenbach (1958), Earman *et. al.* (1977), Sklar (1976) entre muchos otros).

Sólo desde el punto de vista humano es que puede hablarse de principios matemáticos, de principios empíricos. El hombre es un “animal matemático”.

Bibliografía

- ALLISON, H. (1992) *El idealismo trascendental de Kant: una interpretación y defensa*, Anthropos, Barcelona, 1983.
- ÁLVAREZ, C. (2004) “Kant, la geometría y el espacio”, *Revista Digital Universitaria* 11(5), pp. 1-14.
- BRISTOW, W. (2001) “Are Kant’s categories subjective?”, *Review of Metaphysics* **55**, pp. 551-580.
- BROAD, C. D. (1941) “Kant’s Theory of Mathematical and Philosophical Reasoning”, in *Proceedings of the Aristotelian Society* 42, pp. 1-24.
- DAINTON, B. (2010) *Time and Space*, McGill Queen’s University Press, U. K.
- DELEUZE, G. (2007) *La filosofía crítica de Kant*, Cátedra, Madrid.

- DORATO, M. (2002) "Kant, Gödel and Relativity", *Proceedings of the invited papers for the 11th International Congress of the Logic Methodology and Philosophy of Science*, Synthese Library, Kluwer, Dordrecht, pp. 329-346.
- EINSTEIN, A. (2004) *Einstein 1905: Un año milagroso. Cinco artículos que cambiaron la física*, Crítica, Barcelona.
- (1999) *Sobre la teoría de la relatividad especial y general*, Altaya, Madrid.
- (2004) *The collected papers of Albert Einstein*, Princeton University Press, Princeton.
- (2005) *Einstein. Obras esenciales*, Crítica, Barcelona.
- FALKENSTEIN, L. (1995) *Kant's Intuitionism*, University of Toronto Press, Toronto.
- FERRARIN, A. (1995) "Construction and Mathematical Schematism Kant on the Exhibition of a Concept in intuition", *Kant-Studien* 86(1), pp. 131-174.
- FRIEDMAN, M. (1992) *Kant and the Exact Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge.
- GUERRERO-PINO, G. (2005) "Teoría kantiana del espacio, geometría y experiencia", *Praxis Filosófica* 20, pp. 31-68.
- GUYER, P. (2003) *Kant and the Claims of Knowledge*, Cambridge University Press, New York, 1987.
- HACYAN, S. (2001) "Espacio, tiempo y realidad", *Ciencias* 63, pp. 15-25.
- (2004) *Física y metafísica del espacio y el tiempo. La filosofía en el laboratorio*, F.C.E., México.
- (2006) "On the Transcendental Ideality of Space and Time in Modern Physics", *Kant-Studien* 97(3), pp. 382-395.
- HAGAR, A. (2008) "Kant and non-Euclidean Geometry", *Kant-Studien* 99(1), pp.80-98.
- HORSTMANN, R. P. (1976) "Space as Intuition and Geometry", *Ratio* 18, pp. 17-30.
- KANT, I. (2009) *Crítica de la razón pura*, F.C.E., México.
- (1991a) *Transición de los principios metafísicos de la ciencia natural a la física*, Anthropos, Barcelona.
- (1991b) *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*, Tecnos, Madrid.

- (1999) *Prolegómenos a toda metafísica futura que haya de poder presentarse como ciencia*, Ediciones Istmo, Madrid.
- MARCUCCI, S. (2004) “Kant y la ciencia físico-matemática moderna”, en *Kant y las ciencias*, Pedro Jesús Teruel (ed.), Biblioteca Nueva, Madrid, 2011, pp. 41-47.
- PARSONS, C. (1982) “Kant’s Philosophy of Arithmetic”, in *Kant on Pure Reason*, edited by Ralph C. S. Walker, Oxford University Press, New York, pp. 13-40.
- (2010) “Gödel and Philosophical Idealism”, *Philosophia Mathematica* (III), vol. 18, no. 2, pp. 166-192.
- PESIC, Peter *et. al.* (2007) *Beyond Geometry. Classic Papers from Riemann to Einstein*, Dover, New York.
- PARELLADA, R. (2003) “Kant y la geometría”, en *Kant y las ciencias*, en Pedro Jesús Teruel (ed.), Biblioteca Nueva, Madrid, 2011, pp. 30-40.
- PETKOV, V. (2009) *Relativity and the Nature of Spacetime*, Springer, New York.
- PUTNAM, H. (1962/1983) “Lo analítico y lo sintético”, *Cuadernos de Crítica* 24, IIF’s/UNAM, México.
- REICHENBACH, H. (1920/1965) *The Theory of Relativity and A Priori Knowledge*, University of California Press, Berkeley.
- (1958) *The Philosophy of Space and Time*, Dover, New York.
- RUSSELL, B. (1976) *Misticismo y lógica*, Edhasa, Barcelona, 2001.
- SÁNCHEZ-RON, J.M. (1985) *El origen y desarrollo de la relatividad*, Alianza Universidad, Madrid.
- (2005), *Albert Einstein*, Crítica, Madrid.
- SHABEL, L. (2010) “The Transcendental Aesthetic”, in *Kant’s Critique of Pure Reason*, Paul Guyer (ed.), Cambridge University Press, New York.
- SKLAR, L. (1994) *Filosofía de la física*, Alianza Editorial, Madrid.
- (1974) *Space, Time and Spacetime*, University of California Press, Berkeley.
- STRAWSON, P. F. (1995) *The Bounds of Sense*, Routledge, New York, 1966.
- TERUEL, Pedro Jesús *et. al.* (2011) *Kant y las ciencias*, Biblioteca Nueva, Madrid.
- TORRETTI, R. (2005) “Espacio y tiempo en la física de Einstein” en *Filosofía de las ciencias naturales, sociales y matemáticas*, Editorial Trotta, Madrid.

Apéndice B:

Comentarios a algunas interpretaciones de la Deducción Metafísica y la Deducción Trascendental.

En el capítulo III, hemos llevado a cabo una revisión tanto de la Deducción Metafísica como de la Deducción Trascendental directamente del texto íntegro de la *KrV*, pues consideramos que se pueden identificar elementos suficientes que den sustento teórico a lo que se establece en el capítulo. Así, es menester establecer, sobre todo, los puntos clave de nuestra interpretación de la Deducción Trascendental a la luz de algunas interpretaciones y/o críticas ortodoxas, de estas últimas sólo se hará una revisión concisa. Para nuestro caso, y por lo tratado, podemos traer a colación las siguientes conclusiones:

- La Deducción Metafísica y Trascendental establecen las bases de una teoría de la constitución de objetos de experiencia, en términos de condiciones sensibles (espacio y tiempo) y condiciones inteligibles (categorías).
- Espacio y tiempo sólo corresponden a condiciones *a priori* sensibles, que permiten ordenar el múltiple espacio-temporal dado, no constituyen entes del mundo, en el tenor de que puedan ser determinados como objetos, más bien, su condición física sólo apela a la manera en que se constituye una experiencia, en el terreno de lo representativo.
- Si bien, la versión (A) de 1781 contiene ciertas diferencias notables con respecto a la versión (B) de 1787 de la Deducción Trascendental, no existen contraposiciones sustanciales entre una y otra, pues por lo tratado, existen, en muchos de sus pasajes, ciertas líneas de continuidad y complemento.
- El conocimiento humano es un conocimiento que establece una síntesis entre un conjunto de representaciones espacio-temporales y la aplicación de ciertos conceptos *a priori*, de manera que constituimos objetos de experiencia y estructuramos juicios acerca de dichos objetos, a su vez, en la naturaleza de dichos juicios es donde se identifican las categorías.

- La experiencia se constituye mediante la apelación a principios *a priori* sensibles e inteligibles, que posibilitan determinar fenoménicamente objetos de experiencia. Toda experiencia es fenoménicamente posible a partir de tales principios *a priori*. Dicha experiencia es independiente de su apego necesario a un único marco formal, dígase espacio-temporal.
- La objetividad del conocimiento se fundamenta en el principio supremo de la unidad sintética de la apercepción, “principio de la forma del entendimiento con respecto al espacio y al tiempo.” Estos últimos sólo como condiciones que posibilitan la experiencia, no como “atributos únicos de la realidad”.
- Espacio y tiempo, como formas subjetivas de la sensibilidad, posibilitan el orden del múltiple dado, como posibles “entidades del mundo externo”, corresponden a *objetos*, que podrían ser susceptibles de constituirse por medio de la teoría de la constitución de objetos de experiencia, cuyas bases están dadas en la Deducción Trascendental.

Ahora bien, tres interpretaciones contemporáneas de la Deducción Trascendental son las que más han dado de qué hablar: la llevada a cabo por P.F. Strawson en su obra *The Bounds of Sense* (1966/1995); la de Henry E. Allison en *El idealismo trascendental de Kant: una interpretación y defensa* (1983/1992) y la de Paul Guyer en *Kant and the Claims of Knowledge* (1987/2003).

I. Para Strawson, cinco son las principales tesis contenidas en la Deducción Trascendental (Strawson 1966, p. 24), a saber:

- (1) La experiencia esencialmente exhibe sucesión temporal (la tesis de la temporalidad).
- (2) El que haya unidad de una serie temporal de experiencias, será requisito para la posibilidad de la auto-conciencia (la tesis de la necesaria unidad de la conciencia).
- (3) La experiencia debe incluir conciencia de objetos, los cuales se distinguen de la experiencia de éstos, en el sentido de que los juicios acerca de estos

objetos son juicios acerca de experiencias subjetivas de éstos (tesis de la objetividad).

(4) Los objetos referidos en (3) son necesariamente espaciales (tesis de la espacialidad).

(5) Debe haber un marco unificado espacio-temporal de la realidad empírica que abarque toda experiencia y sus objetos (tesis de la unidad espacio-temporal).

A su vez, Strawson considera que la principal tesis contenida en la Deducción corresponde a “la tesis de la unidad necesaria de la conciencia”, expresada en diversos pasajes de la Deducción como “la unidad trascendental de la apercepción”. De ahí, el “diagnóstico” de Strawson es que la Deducción resulta insatisfactoria, y constituye sólo una respuesta al escepticismo de Hume, basada principalmente en la “tesis de la objetividad”, y tal que dicha respuesta se fundamenta en una “débil premisa”, es decir, que habría que interpretar la Deducción sólo como un argumento antiescéptico.⁴³³ Finalmente, el argumento de Strawson está configurado de tal manera que afirma:

Deberíamos encontrar que su premisa fundamental es que la experiencia contiene una diversidad de elementos (intuiciones), los cuales, en el caso de cada sujeto de experiencia, debe de alguna manera ser unificada en una conciencia singular capaz de juzgar, capaz, esto es, de conceptualizar los elementos unificados. Deberíamos encontrar que su conclusión general es que esta unidad requiere otra clase de unidad o conectividad sobre la parte de los elementos multivariables de la experiencia, llamada sólo como una unidad, como también es requerida por la experiencia para tener el carácter de experiencia de un mundo unificado objetivo y, por tanto, ser capaz de estar articulado en juicios empíricos.⁴³⁴ (Strawson 1966, p. 87)

⁴³³ Barry Stroud en su “Trascendental Arguments” (en *Kant on Pure Reason*, ed. by Ralph C. S. Walker, Oxford University Press, 1982, pp. 117-131) hace una crítica a esta concepción de Strawson de entender a los argumentos trascendentales como argumentos antiescépticos.

⁴³⁴ “We shall find that its fundamental premise is that experience contains a diversity of elements (intuitions) which, in the case of each subject of experience, must somehow be united in a single consciousness capable of judgment, capable, that is, of conceptualizing the elements so united. We shall find that its general conclusion is that this unity requires another kind of unity or connectedness on the part of the multifarious elements of experience, namely just such a unity as is also required for experience to have the character of experience of a unified objective world and hence to be capable of being articulated in objective empirical judgements.”

Como dijera Pedro Stepanenko (2013): “es decir, para que las experiencias de cada quien formen parte de una única trayectoria individual, es necesario concebirlas como experiencias de un único mundo, cuyo orden no lo establezca la trayectoria particular de cada cual.” (p. 196) Esto último precisamente en relación con la tesis de la objetividad.

Si bien, la interpretación de Strawson es importante, y en algunos pasajes recurrimos a ella, no resulta del todo relevante para los intereses de la presente tesis, sobre todo porque sigue manteniendo la idea de que la teoría de la constitución de los objetos de experiencia establecida por Kant en la Deducción, sigue insertándose en el ámbito de la metafísica, de ahí que, según el autor, no alcance a cubrir los requisitos para considerarse un <<modelo de epistemología aplicada a la ciencia>>, esto último corresponde a lo que en gran parte resulta ser parte de nuestro objetivo.

II. En una línea de interpretación un tanto distinta se ubica la llevada a cabo por Henry E. Allison en su obra *El idealismo trascendental de Kant: una interpretación y defensa*, en términos de lo que se ha denominado “una interpretación metodológica”. Allison menciona que si bien puede considerarse el argumento de la Deducción Trascendental como <<parcialmente exitoso>>, dada una línea de interpretación que considere a las dos versiones (A) y (B), por lo que una supuesta falla no puede encontrarse en lo que muchos han señalado: que ésta radica en la tesis de la apercepción y los argumentos de la objetividad, a la vez de la teoría de la síntesis. Pues como Allison comenta: “Incluso si aceptamos todas las premisas de Kant, incluso su doctrina de la síntesis trascendental, no se sigue su conclusión de que las categorías hacen posible la experiencia y prescriben a priori leyes a la naturaleza.” (Allison 1983, p. 270) De aquí que parecería que puede entenderse a Kant, específicamente en el ámbito científico, que en la constitución de objetos de experiencia, aplicamos una unidad sintética que apela a las categorías de substancia y causalidad, de ahí que nosotros mismos prescribimos leyes a la naturaleza, lo que en el ámbito de la física moderna, parece no ser válido, dada la reestructuración de sus bases a las que ha asistido dicha ciencia. Aún así, dado lo que hemos visto,

puede ser todavía defendida la epistemología kantiana, acaso retomando ciertos aspectos de la interpretación de Allison, y relacionándolo con parte de nuestra conclusión de que las categorías constituyen condiciones necesarias, pero acaso no suficientes para la constitución de un objeto de experiencia.

Ahora bien, como ya se mencionó, el objetivo de Allison es hacer una defensa del idealismo kantiano, y a su vez, postular su vigencia; el autor considera que la Deducción establece un argumento consistente sobre la conexión necesaria entre la unidad de la conciencia y la representación de un objeto, de principio en su sentido lógico. Finalmente, a diferencia de lo que la mayoría de intérpretes han argumentado en contra de los resultados de la Deducción⁴³⁵, Allison cree que sí puede identificarse que Kant ha establecido la validez objetiva de las categorías. La tesis de Allison es que para identificar lo anterior, debe revisarse la Analítica Trascendental en su conjunto, algo que en cierto sentido llevaremos a cabo, pero separándonos en algunos aspectos de la interpretación de Allison.

III. En el caso de Guyer, es bien conocido en el mundo kantiano que su principal crítica gira en torno a lo que él denomina <<falacia modal>>, acerca de la no espacialidad de las cosas en sí mismas, y su relación con lo *a priori*. Como ya se señaló en una nota del capítulo II, Charles Parsons (2009) sintetiza fielmente los argumentos de Guyer, pues identifica que éste considera que para Kant la necesidad de la espacialidad de los objetos y su conformidad con las leyes de la geometría <<es absoluta>>. Así, pueden identificarse dos argumentos (Guyer 1987/2003):

- (1) Necesariamente, si nosotros percibimos un objeto x, entonces x es espacial y euclidiano; pero también
- (2) Si nosotros percibimos un objeto x, entonces necesariamente, x es espacial y euclidiano.

⁴³⁵ Muchos son los intérpretes que han señalado tal hecho, uno de los autores importantes es Jonathan Bennett, quien en su libro *Kant's Analytic* (Cambridge University Press, 1966/1999), señala que en la Deducción Kant lleva a cabo una “mescolanza argumentativa”, lo que genera oscuridad, acrecentada por las notables diferencias entre ambas versiones (A) y (B). El autor se remite incluso a intérpretes clásicos como Vaihinger y Kemp Smith.

Por lo que, para Guyer, si hay una condición para la naturaleza de los objetos, entonces no debe haber una restricción para que los objetos puedan ser percibidos, lo que lo conduce a afirmar que por algo Kant tuvo que concluir que “la forma espacial es impuesta sobre el objeto por nosotros”. Por tanto, si nosotros imponemos la forma espacial, entonces, ¿cómo llegaría a afectar esto a las conclusiones de la Deducción Trascendental? Lo cual, en parte, implicaría que se contradicen los resultados obtenidos en el capítulo II, en el sentido de que pudo mostrarse que la forma espacial no es necesariamente euclidiana, de aquí la no pertinencia, para nuestro caso, de la interpretación de Guyer en términos de su <<falacia modal>>, y su conexión a su vez con lo que él concluye para el caso de la Deducción.

Asimismo, para Guyer, las tesis centrales de la Deducción pueden plantearse en los siguientes puntos, a saber (Guyer 1987, p. 137-9):

- (1) Nosotros tenemos certeza *a priori* de nuestra continua identidad en diferentes estados.
- (2) Nosotros conocemos que hay conexión entre partes de nuestras representaciones.
- (3) Nosotros conocemos *a priori* que hay conexiones con partes de todas nuestras representaciones, suficientemente para fundamentar el reconocimiento de la autoconsciencia, independientemente del contenido particular de estas representaciones.
- (4) Nosotros conocemos que realizamos una síntesis a través de todas nuestras representaciones.
- (5) Nosotros conocemos que realizamos una síntesis *a priori* de todas nuestras representaciones.
- (6) Nosotros conocemos *a priori* que las categorías se aplican a todas nuestras representaciones y por tanto que son representadas por ellas.

De aquí que para Guyer, existirían dos problemas. El primero estriba en que no hay razón para pensar que (1) sea cierta; y el segundo es que:

La única razón para aceptar algo como (4)..., es precisamente que indetermina una asunción de que la conciencia de la identidad numérica del yo puede ser conocida *a priori* en un sentido, excepto como una proposición trivialmente *analítica*, tal que si muchas representaciones son conocidas para llegar a ser un yo singular, entonces ellas deben ser conocidas para ser conectadas una con otra.⁴³⁶ (Guyer 1987, p. 139)

Finalmente, Guyer ha insistido en trabajos más recientes (2010) en la oscuridad de ambas versiones de la Deducción, por ejemplo, tanto en el paso de la validez subjetiva a la validez objetiva de las categorías, como en la caracterización del juicio, entre otros. Sin embargo, como se señaló líneas arriba, su crítica fundamental al sistema kantiano, en términos de la <<falacia modal>>, no resulta relevante, dada la interpretación que hemos establecido, sobre todo porque entiende a Kant en términos de que la “forma espacial es euclidiana”, de ahí el que no aceptemos del todo su interpretación de la Deducción Trascendental.

En conclusión, al hacer una revisión de la Analítica Trascendental, se complementa lo que se ha de entender como una teoría de la constitución de los objetos de experiencia, que para el caso de la ciencia, en concreto la física, se complementa con la apelación a condiciones materiales. Cabe señalar que la mayoría de las interpretaciones sobre la *KrV* fundan su crítica en el argumento y los resultados de la Deducción Trascendental, tales que implican la no consistencia del sistema de la primera crítica, y de ahí el mismo no sustento y/o vigencia de su epistemología en el ámbito científico, sin embargo, creemos que si bien existen elementos para fundamentar dicha crítica, como se ha visto, existen a su vez elementos que pueden apoyar la aplicación de la epistemología kantiana en especial al ámbito de la física moderna, lo que sustenta a su vez un cierto carácter trascendental en dicha ciencia (puede verse Bitbol *et. al*, 2009).

⁴³⁶ “The very reason for accepting anything like 4..., is precisely what determines any assumption that consciousness of the numerical identity of the self can be known *a priori* in any sense except as a trivially *analytic* proposition that *if* several representations are known to belong to a single self, then they must be known to be connected to each other.”

Apéndice C:

Espacio y tiempo como *objetos* de experiencia. El carácter trascendental de la relatividad⁴³⁷

A major part of the role
of the Deduction will be to
stablish that experience necessarily
involves knowledge of *objects*...
P. F. Strawson
The Bounds of Sense

1. INTRODUCCIÓN

En la *Crítica de la Razón Pura* Kant establece una teoría de la constitución de los objetos de experiencia, que llega a ser extensiva al marco de la física clásica. Así, el caso de la física moderna le presenta ciertos dilemas a la epistemología kantiana, pues con respecto a la relatividad, que estudia principalmente las propiedades y estructura de la variedad cuatridimensional denominada espacio-tiempo, es aquella teoría que le plantea un serio problema a las concepciones de Kant sobre el espacio y el tiempo, a la vez de a su concepción sobre lo sintético *a priori*. Así, pretendo mostrar que existe un cierto dominio trascendental en la relatividad, en particular en la relatividad general, lo cual está relacionado precisamente con las distintos test sobre las propiedades y estructura del espacio-tiempo, entendiendo a su vez al espacio y al tiempo como *objetos* de experiencia.

En la sección 2 presentaré una sucinta revisión de la teoría kantiana de la constitución de objetos de experiencia, en relación con la física, y atendiendo a cómo la objetividad comienza con establecer criterios específicos de objetividad, lo que no hace más que llevarnos de vuelta a Kant. Finalmente, fundamento la cuestión: ¿qué son el espacio y el tiempo como objetos de experiencia?

⁴³⁷ Publicado en *Nuevas perspectivas sobre la filosofía de Kant*, Editorial Escolar y Mayo, Madrid, 2016. Selección de ponencias presentadas en el II Congreso SEKLE.

La sección 3 tratará sobre los aspectos teóricos y experimentales de la relatividad, en relación con los criterios de objetividad (marcos epistémicos, condiciones formales y materiales). Aquí se podrá dar una respuesta a la cuestión planteada anteriormente.

Finalmente, daré mis conclusiones.

2. KANT Y LA CONSTITUCIÓN DE OBJETOS DE EXPERIENCIA

Si bien, en la Estética Trascendental Kant estableció el carácter ontológico del espacio y el tiempo, en términos de formas puras *a priori* de la sensibilidad, cabe destacar que en una nota de la Deducción Trascendental, Kant afirma una condición del espacio que permite identificarlo como objeto:

El espacio, representado como *objeto*, (como efectivamente se lo requiere en la geometría), contiene más que una mera forma de la intuición, a saber, [contiene] *conjunción*, en una representación *intuitiva*, de lo múltiple dado según la forma de la sensibilidad; de manera que la *forma de la intuición* suministra un mero múltiple, pero la *intuición formal* [suministra] unidad de la representación. Esta unidad la conté, en la "Estética", como perteneciente meramente a la// sensibilidad, sólo para hacer notar que ella precede a todo concepto, a pesar de que presupone una síntesis que no pertenece a los sentidos, por la cual, empero, llegan a ser, ante todo, posibles todos los conceptos de espacio y tiempo.⁴³⁸

Por tanto, tomar, al espacio, como *objeto* de experiencia, ha de presuponer una síntesis, representada en todo concepto empírico de espacio (aplicación de cualquier geometría al análisis del mundo físico), y en lo que implica constituirlo como objeto de una posible experiencia, a la vez de que debe suponerse al espacio como dado *a priori*, es decir: el espacio es un *objeto* de la realidad, sin que por ello implique que se le está reificando. Dicho lo anterior: la relatividad es la teoría que más conocimiento arroja sobre las propiedades y estructura del espacio y el tiempo, en términos de la entidad llamada espacio-tiempo. Así, podemos plantear la cuestión: ¿qué son el espacio y el tiempo en la experiencia?, y asimismo: ¿cuál es su

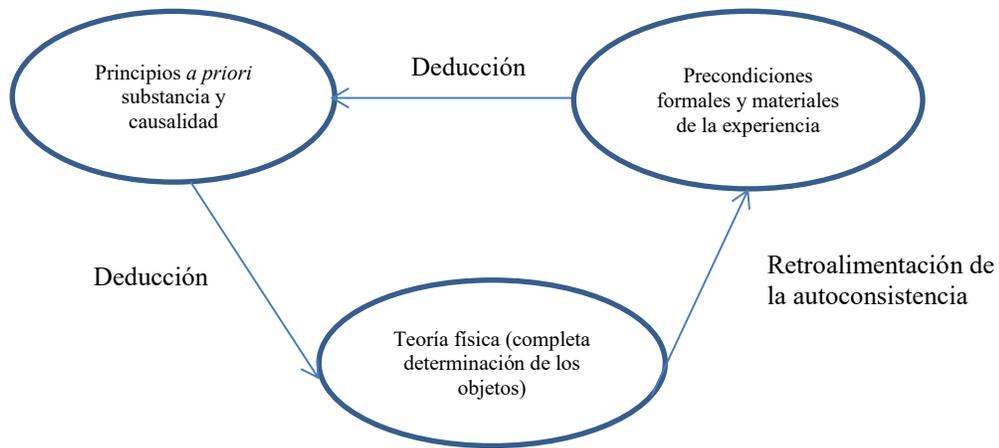
⁴³⁸ KrV, B161 n./Mario Caimi (2009): 181.

naturaleza, en la experiencia? Aunque primeramente debemos responder a la cuestión: ¿cómo es constituido un objeto de experiencia?

El método kantiano de la constitución de objetos de experiencia fue complementado en *Los Principios Metafísicos de la Ciencia de la Naturaleza*, específicamente para el caso de la física clásica. Como Peter Mittelstaedt⁴³⁹ ha tenido oportunidad de señalar, tal método de constitución de objetos de experiencia llega a ser aplicable, con ciertas restricciones, al caso de la física moderna. Así, para Kant, los objetos de toda posible experiencia son constituidos mediante la aplicación de las categorías a lo múltiple dado a las formas puras de la sensibilidad, de tal manera que un objeto de experiencia se constituye mediante la síntesis de la apercepción, que involucra las intuiciones (espacio y tiempo) y los conceptos puros del entendimiento (categorías), lo que permite identificar que “La constitución de ‘objetos de experiencia’ para nuestras percepciones y observaciones comienza con el requerimiento de *objetividad*.”⁴⁴⁰ Cabe señalar que los objetos de experiencia son espacio-temporales, y se constituyen, para el caso de la física clásica, mediante la aplicación de las categorías de substancia y causalidad, a la vez del principio de determinación e individualidad, los cuales corresponden a las precondiciones necesarias, principios formales y *a priori*, que a su vez sustentan los aspectos dinámicos y permanentes de los objetos, en términos de las leyes de la naturaleza. Aunque para que un objeto sea individualizado, y pueda ser distinguido de otros, es factible extender las precondiciones formales junto con lo que puede llamarse “precondiciones materiales” de la experiencia, las cuales corresponden a las posibilidades materiales que hacen posible una observación y a su vez, predicar sobre los objetos individuales, a pesar de no formar parte del proceso de cognición. Dichas precondiciones materiales de la experiencia tienen que ver con las leyes físicas de los aparatos de medida. Con esto último podemos establecer lo que se llamaría “el círculo kantiano de autoconsistencia en física clásica”:

⁴³⁹ Mittelstaedt (1994, 2009).

⁴⁴⁰ Mittelstaedt (2009): 171.



Dado que la mecánica clásica es una teoría determinista, los aparatos de medida están sujetos a leyes causales, y además, un objeto, al estar plenamente individualizado, es permanente, inalterable en el tiempo. Finalmente, de acuerdo con Kant, las leyes de substancia y causalidad poseen un carácter *a priori* para la constitución de todo objeto de experiencia, lo cual es completamente verificado en el marco epistémico de la mecánica clásica. Por ende, en la física clásica, para constituir objetos de experiencia, se comienza con establecer criterios de objetividad, los cuales tienen que ver con condiciones formales y materiales, a la vez de marcos epistémicos. De aquí, si puede hablarse de una "ontología experimental" de la física clásica, ésta contempla:

- Condiciones formales (intuiciones y categorías).
- Condiciones materiales (instrumentos de medida).
- Marcos epistémicos (frameworks), el contenido de una teoría, que contempla ecuaciones, objetos como puntos, masas, etc., así como la naturaleza de los objetos en una geometría euclidiana tridimensional, entre otros.

Para el caso de la relatividad, puede ser posible establecer un círculo kantiano de autoconsistencia, aunque bajo ciertas restricciones, sin embargo, el hecho de que la relatividad sea una teoría determinista, la acerca más al círculo kantiano de la mecánica clásica, sólo que el carácter no euclidiano del espacio-tiempo relativista representa un inconveniente, a pesar de que precisamente permite sustentar la

cuestión sobre el carácter empírico del espacio y el tiempo. Aun así, el círculo kantiano de autoconsistencia en relatividad general puede ser establecido, pero: ¿qué son el espacio y el tiempo en la experiencia?

Para el caso del espacio, decir “testar el espacio” implica verificar experimentalmente la naturaleza del espacio físico, esto es, poder responder a la cuestión de si el espacio físico tiene una estructura euclidiana o no euclidiana, lo que nos remonta al problema tratado por Gauss de testar si el espacio es euclidiano; problema identificado por Poincaré⁴⁴¹, el cual afirmó que tratar de responder a la cuestión de cuál es la geometría verdadera carece de sentido, pues sólo es un asunto de convención. Así, se sabe que kantianamente habría que decir que nuestra intuición espacial tiene una estructura euclidiana, y los objetos que percibimos y constituimos en la experiencia poseen un carácter euclidiano, aunque la epistemología de Kant no termina ahí. Curiosamente el espacio, en la experiencia, y después de la relatividad, puede ser considerado tanto euclidiano como no euclidiano, ya que es posible configurar experiencias tanto en un marco euclidiano como no euclidiano. Cabe mencionar que la física clásica se considera un caso límite de la relatividad, y no es que sea una teoría falsa, más bien es restringida, por lo que si puede afirmarse que con la relatividad, el verdadero espacio físico tiene una estructura no euclidiana, es de por sí conocido que toda proposición de cualquier geometría, en cuanto a la existencia de objetos, constituye una proposición empíricamente contingente⁴⁴²; además, el que sea posible llevar a cabo experiencias en el marco de la relatividad, a pesar de que postule una estructura espacial no euclidiana, coloca a la relatividad más cerca de Kant. Entonces: ¿qué es el espacio, y a su vez, qué es el tiempo, en la experiencia?

3. TEORÍA, EXPERIENCIA Y OBSERVACIÓN EN RELATIVIDAD

⁴⁴¹ Poincaré (1905/1956).

⁴⁴² Lo que pretendo señalar es que Kant considera al espacio geométrico como aquel que permite llevar a cabo una representación estructurada del espacio material o físico, pero no precisamente está postulando la existencia de una estructura espacial geométrica (euclidiana), como naturaleza del espacio físico, pues hay una diferencia entre el espacio como condición subjetiva (idealidad del espacio) y el espacio como entidad física.

La teoría de la relatividad es considerada la mejor teoría sobre el espacio-tiempo, sus predicciones han sido probadas con precisión, y constituye, en su versión general, la base de la cosmología moderna. Concretamente, tal teoría del espacio-tiempo puede caracterizarse en términos de modelos de espacio-tiempo⁴⁴³, esto es, un modelo es una variedad cuatridimensional diferenciable M , junto con un conjunto de objetos geométricos definidos en cada punto de la variedad, de manera que puede establecerse un conjunto de $n+1$ elementos de la forma: $\langle M, O_1, \dots, O_n \rangle$, donde M es una variedad diferenciable con una estructura intrínseca, y O_1, \dots, O_n son objetos geométricos, para los cuales, en un modelo específico, se satisfacen un conjunto de ecuaciones de campo, tales que para un entero k , menor o igual a n , las ecuaciones de campo serán: $O_k=0, O_{k+1}=0, \dots, O_n=0$, donde cada objeto en las ecuaciones de campo ha de ser un tensor. Lo anterior llega a constituir el marco teórico de la relatividad, y en el tenor del círculo kantiano de autoconsistencia visto en la sección pasada, forma parte de los criterios de objetividad para constituir objetos de experiencia. En el caso de la relatividad general, cuyo conjunto de ecuaciones de campo están dadas por:

$$R_{\mu\nu} - (1/2)g_{\mu\nu}R = (8\pi k/c^4)T_{\mu\nu}$$

$R_{\mu\nu}$: Tensor de Ricci

$g_{\mu\nu}$: Tensor métrico

$T_{\mu\nu}$: Tensor energía impulso

k : Constante gravitatoria

R : Curvatura escalar

c : Velocidad de la luz

$\mu, \nu = 1, \dots, 4$

Tal teoría establece una interrelación entre la estructura geométrica del espacio-tiempo y la distribución de la materia, es decir: “El espacio-tiempo actúa sobre la materia, diciéndole cómo moverse. Del mismo modo, la materia re actúa de regreso sobre el espacio, diciéndole cómo curvarse.” Por tanto, la estructura del espacio-tiempo tiene una “condición dinámica”, esto es, la distribución de materia influye sobre la estructura del espacio-tiempo y viceversa, perdiendo éste último cierta condición sustancial, y a su vez, la fuerza gravitacional de acción a distancia a

⁴⁴³ Earman *et. al* (1977).

la Newton deja de tener importancia para explicar la gravedad. Asimismo, en acorde con la notación, el modelo de teoría de espacio-tiempo, en términos de la relatividad general, estaría dado por: $\langle M, g_{\mu\nu}, R_{\mu\nu}, R, T_{\mu\nu}, \dots \rangle$. Finalmente, es preciso mencionar que una solución al conjunto de ecuaciones de campo permite estructurar predicciones observables.

Ahora bien, las primeras predicciones anunciadas por Einstein, como los test a la relatividad general, y ampliamente corroboradas⁴⁴⁴ corresponden a:

- La curvatura de la trayectoria de la luz al pasar cerca de un cuerpo masivo. (Curvatura del espacio-tiempo)
- El corrimiento gravitacional de la luz hacia el rojo.
- El avance del perihelio de Mercurio.

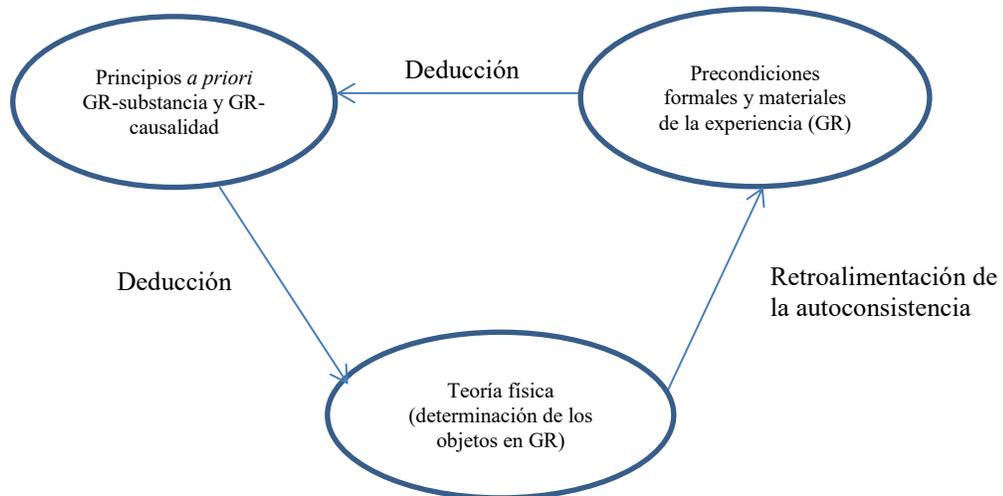
Sin embargo, la prueba sobre el corrimiento gravitacional hacia el rojo llegaría a ser concluyente hasta la década de los 60's del siglo pasado, e implicó la utilización de técnicas experimentales de alta precisión, basadas en la mecánica cuántica, superconductores, láseres, etc., lo que está vinculado con lo que llamamos "condiciones materiales de la experiencia". De todo esto: ¿qué es lo que se está probando con tales experimentos?, ¿sólo la veracidad de la relatividad general?, o ¿partes de la estructura y propiedades del espacio-tiempo postuladas por dicha teoría? Si bien, el carácter sintético *a priori* y subjetivo del espacio, postulado por Kant, está vinculado sólo con la geometría euclidiana, y la identificación literal de su teoría de la constitución de objetos de experiencia con la ontología de la mecánica clásica, puede convencernos que no es válida la teoría kantiana de la constitución de objetos de experiencia en el marco de la relatividad general, lo anterior no es concluyente, puesto que el simple hecho de que pueda configurarse la experiencia de un "objeto" de la realidad, que fácilmente se distingue del observador, contiene un cierto matiz kantiano, y la relatividad general no está exenta de ello.

Así, toda verificación experimental de la relatividad nos dice algo sobre las propiedades y estructura del espacio-tiempo, nos dice lo que es el espacio, lo que es

⁴⁴⁴ Will (1993).

el tiempo, en la experiencia, y cómo si son tomados como “objetos de experiencia”, éstos son constituidos en un círculo autoconsistente que apela a condiciones de objetividad. Tales condiciones están conformadas por principios formales *a priori*, principios materiales (leyes en que están basados los aparatos de medida), y marcos epistémicos (modelos y teorías).

Cabe señalar que en todo esto se ha dejado de lado el hecho de que en la mecánica clásica los objetos y sus propiedades poseen una interdependencia y aquéllos a su vez una permanencia, lo que permite identificar fácilmente los estados observables de los no observables, y éstos, como las ecuaciones y las propiedades de los objetos, así como sus estados, a la vez de las leyes, son invariantes bajo transformaciones, así mismo para las mediciones de los aparatos, manteniéndose inalterables los requerimientos de objetividad. El caso es un tanto distinto para la relatividad, donde a pesar de que el postulado de covariancia de las leyes y las condiciones de simetría bajo transformaciones, entre otras condiciones, como el que es una teoría determinista, pueden llevarnos a aceptar de entrada el círculo kantiano, el carácter dinámico de la estructura del espacio-tiempo le presenta un cierto dilema a la condición del observador en relatividad general, entre otros aspectos. A pesar de ello, el círculo kantiano de autoconsistencia, para la relatividad, puede ser formulado, tomando en cuenta que las condiciones materiales, aparatos de medida, pueden estar basados tanto en leyes clásicas como en leyes de la mecánica cuántica, y que acaso las categorías de sustancia y causalidad adquieren otro matiz, pues existe una interdependencia entre las leyes en que están basados los aparatos de medida, y lo que ha de referirse a dichas categorías; por lo que dicho círculo modificado será:



Ahora bien, el principal problema de la epistemología kantiana frente a la relatividad, estriba en el carácter ontológico del espacio y el tiempo postulado por Kant, aunque una cosa es el espacio y el tiempo como condiciones subjetivas de la sensibilidad (idealidad), y otra el espacio y el tiempo como entidades físicas, que en su estructura tienen que ver con una estructura geométrica, en el tenor de Kant, está relacionada con principios constitutivos de objetos de experiencia, principios matemáticos, y dicha estructura corresponde al espacio euclidiano, *a priori*, aunque la idealidad del espacio no depende de la validez o no de la geometría.⁴⁴⁵ En este sentido, como ya ha mostrado Reichenbach⁴⁴⁶, pueden identificarse dos sentidos del *a priori* en Kant, uno, válido y universal, y otro, constitutivo del objeto de experiencia. Cabe señalar que para constituir objetos, ya sea en un marco o en otro, se establecen de principio las condiciones de objetividad, las que apelan a condiciones propias del sujeto cognitivo (intuiciones y categorías), marcos epistémicos (frameworks) y condiciones materiales (aparatos de medida). Por tanto, puede verse que en la física, los criterios de objetividad tienen que ver a su vez con que para constituir objetos:

Toda teoría científica incorpora una serie de principios que constituyen condiciones de posibilidad de sus objetos de experiencia, es decir, cierto sistema conceptual básico que define un campo de posibilidades empíricas particulares; y en segundo lugar, que dichos principios conceptuales operan constitutivamente en la experiencia determinando *a priori* el ámbito del conocimiento empírico.⁴⁴⁷

Por tanto, la constitución de un objeto de experiencia, comienza con establecer los requerimientos de la *objetividad*, y la objetividad nos dice qué es aquello de lo cual podemos constituir una experiencia. De aquí que la condición ideal del espacio y el tiempo no puede entenderse en términos de que espacio y tiempo son “creaciones de nuestra mente”, ni asimismo que la estructura de nuestra intuición espacial sólo es euclidiana.⁴⁴⁸ No es que la experiencia muestre cuál geometría es la verdadera,

⁴⁴⁵ Castrejón (2013).

⁴⁴⁶ Reichenbach (1920/1965).

⁴⁴⁷ Peláez-Cedrés (2008): 126.

⁴⁴⁸ Castrejón (2013).

como creían Einstein y los positivistas lógicos, como si la experiencia por sí fuera un fenómeno espontáneo de la realidad, y a su vez, algo que puede ordenarse fuera de un marco (framework) y de ciertas otras condiciones de la objetividad. Porque podemos tener experiencias en el marco Newtoniano o en el de la relatividad, es que Kant adquiere cierta vigencia, y la relatividad general es un ejemplo de una teoría, que al dar cuenta de ciertas propiedades y estructura del espacio-tiempo, en términos del círculo kantiano de autoconsistencia, nos permite identificar cierto carácter trascendental en ésta. Si nuestra síntesis espacial en intuición, posee carácter euclidiano, llevar a cabo una experiencia en el marco de la relatividad, sólo es testar el espacio, testar el tiempo, poner a prueba lo que la relatividad predice, es configurar un concepto empírico del espacio y del tiempo, es decir, estamos agregando una determinación más. Kant diría que no se está predicando sobre la naturaleza del espacio y del tiempo, pues éstos son sólo formas puras de la intuición sensible, lo que posibilita establecer órdenes de presentación y representación.

La relatividad posee cierto carácter trascendental porque su condición empírica sigue obedeciendo a una manera kantiana de constituir objetos de experiencia, de constituir los test de la relatividad.

4. CONCLUSIONES

Los conceptos de espacio y tiempo relativistas ofrecen un terreno de análisis fértil tanto teórica como experimentalmente, y a su vez, puede considerarse que los test de la relatividad nos dicen lo que son el espacio y el tiempo en la experiencia, pero sólo nos muestran distintas determinaciones, si es que puede hablarse de que éstas dan cuenta de su naturaleza. Kant y su epistemología tienen cierto fundamento en el marco de la relatividad, por algo ésta posee un carácter trascendental, los aspectos teóricos y experimentales de esta teoría no hacen más que corroborarlo.

Bibliografía

- CASTREJÓN, G. (2013): “La idealidad del espacio en Kant y las geometrías no euclidianas”, *FILOSOFÍA* 24: 7-22.
- EARMAN, J. S. *et. al.* (1977): *Foundations of Space-time Theories*, Minesota.
- EINSTEIN, A. (2004): *Einstein 1905: Un año milagroso. Cinco artículos que cambiaron la física*, Barcelona.
- KANT, I. (2009) *Crítica de la razón pura*, México.
- (2004): *Metaphysical Foundations of Natural Science*, Cambridge.
- MITTELSTAEDT, P. (1994): “The Constitution of Objects in Kant’s Philosophy and in Modern Physics” en Paolo Parrini (ed.), *Kant and Contemporary Epistemology*, Dordrecht: 115-130.
- (2009): “The constitution of Objects in Classical Physics and in Quantum Physics”, en Michel Bitbol *et. al* (eds.) *Constituting Objectivity. Transcendental Perspectives on Modern Physics*, Paris: 169-181.
- PELÁEZ-CEDRÉS, A.J. (2008): *Lo a priori constitutivo: historia y prospectiva*, Barcelona.
- POINCARÉ, H. (1905/1952): *Science and Hypothesis*, New York.
- REICHENBACH, H. (1920/1965): *The Theory of Relativity and A Priori Knowledge*, Berkeley.
- STRAWSON, P. F. (1966): *The Bounds of Sense*, New York.
- WILL, C. M. (1993): *Theory and Experiment in Gravitational Physics*, Cambridge.

Bibliografía General.

- ABELA, P. (2003) *Kant's Empirical Realism*, Oxford University Press, Oxford.
- AGAZZI, E. and PAURI, M. (eds.) *The Reality of the Unobservable*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- ALEXANDER, H. G. (ed.) (1984) *The Leibniz-Clarke correspondence (1717)*, Barnes and Noble, New York.
- ALLISON, H. (1983/1992) *El idealismo trascendental de Kant: una interpretación y defensa*, Anthropos, Barcelona.
- (2010) "Kant's Transcendental Idealism" en *A Companion to Kant*, Graham Bird (ed.), Wiley-Blackwell, Canada, pp. 111-124.
- ALLORI, A. (2013) "Primitive Ontology and the Structure of Fundamental Physical Theories" en *The Wave Function. Essays on the Metaphysics of Quantum Mechanics*, Oxford University Press, New York, pp. 58-75.
- AMERIKS, K. (1992) "The critique of metaphysics: Kant and traditional ontology", in Paul Guyer (ed.), *The Cambridge Companion to Kant*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 249-279.
- AMUNÁTEGUI, G. I. (2003) "E. Cassirer y la teoría de la relatividad", *REVISTA PHILOSOPHICA* no. 26, pp. 1-8.
- ARTHUR, R. T. W. (2008) "Time Lapse and the Degeneracy of Time: Gödel, Proper Time and Becoming in Relativity Theory", in Dennis Dieks (ed.) *The Ontology of Spacetime II*, Elsevier, The Netherlands, pp. 207-228.
- BANHAM, G. (2005) *Kant's Transcendental Imagination*, Palgrave Macmillan, New York.
- BATTERMAN, R. W. (2010) "On the Explanatory Role of Mathematics in Empirical Science", *The British Journal for the Philosophy of Science* **61**, pp. 1-25.
- BROGHOUSE, C. (2008) "Understanding Indeterminism", in Dennis Dieks (ed.) *The Ontology of Spacetime II*, Elsevier, The Netherlands, pp. 153-174.

- BEISER, F. C. (2009) "Kant's Intellectual Development: 1746-1781" in *The Cambridge Companion to Kant*, edited by Paul Guyer, Cambridge University Press, New York.
- BEN-MENACHEM, Y. (2006) *Conventionalism*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BENNETT, J. (1992) *Kant's Analytic*, Cambridge University Press, Cambridge.
— (1974) *Kant's Dialectic*, Cambridge University Press, Cambridge.
- BIRD, G. (2010) "Kant's Analytic Apparatus" en *A Companion to Kant*, Graham Bird (ed.), Wiley-Blackwell, Canada, pp. 125-139.
- BITBOL, M. et. al. (2009) *Constituting Objectivity. Transcendental Perspectives on Modern Physics*, Springer, Paris.
- BLASCO, J. L. (1998) "El positivismo lógico", en *Concepciones de la metafísica*, J. J. E. Gracia (ed.), Editorial Trotta, Madrid, pp. 293-310.
- BLUMBERG, A. E. (1931) ""Logical Positivism", *The Journal of Philosophy*, vol. 28, no. 11, pp. 281-296.
- BOGHOSSIAN, P. and PEACOCKE, C. (2000) *New Essays on the A Priori*, Oxford University Press, Oxford, N. Y.
- BONNET, C. and de Calan R. (2009) "Moritz Schlick: Between Synthetic A Priori Judgment and Conventionalism" en M Bitbol et. al (eds.), *Constituting Objectivity. Transcendental Perspectives on Modern Physics*, Springer, Paris, pp. 117-26.
- BRANS, C. and DICKE, R. H. (1961) "Mach's principle and relativistic theory of gravitation", *Physical Review* 124 (3), pp. 925-935.
- BROAD, C. D. (1941) "Kant's Theory of Mathematical and Philosophical Reasoning", in *Proceedings of the Aristotelian Society* 42, pp. 1-24.
- BROGHOUSE, C. (2008) "Understanding Indeterminism", in Dennis Dieks (ed.) *The Ontology of Spacetime II*, Elsevier, The Netherlands, pp. 153-174.
- BROWN, H. R. (2005) *Physical Relativity. Space-time Structure from a Dynamical Perspective*, Clarendon Press, Oxford.
- BROWN, H. R. and LEHMKUHL, D. (2013) "Einstein, the reality of space, and the action-reaction principle", arXiv:1306.4902v1 [physics.hist-ph], in Dennis Dieks (ed.) *The Ontology of Spacetime II*, Elsevier, The Netherlands, pp. 153-174.

- BUTTERFIELD, J. (1989) "The Hole Truth", *British Journal for the Philosophy of Science*, 40 (1), pp. 1-28.
- CANO DE PABLO, J. (2006) "La evolución de los conceptos de espacio y tiempo en los escritos precríticos de Kant", *Convivium* 19, pp. 23-44.
- CARL, W. (1994) "Objectivity and Realism", en Paolo Parrini (ed.), *Kant and Contemporary Epistemology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 175-194.
- CARNAP, R. (1922) *Der Raum. Ein Beitrag zur Wissenschaftstheorie*, *Kant studien Ergänzungshefte*, 56; [*Space: A Contribution to the Theory of Science*, trad. Michael Friedman and Peter Heath]
- (1967/2005) *The Logical Structure of the World*, Open Court, Chicago.
- CASSIRER, E. (1923/2012) "Einstein's Theory of Relativity Considered from the Epistemological Standpoint" in *Substance and Function*, The Open Court Publishing Company, Chicago-London.
- (1997) *Kant, vida y doctrina*, F.C.E., Colombia.
- (2011) *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia modernas* (vol. 2), F.C.E., México.
- CASTREJÓN, G. (2013) "La idealidad del espacio en Kant y las geometrías no euclidianas", *Dikaiosyne*, **28**, pp. .
- CAYGILL, H. (2009) *A Kant Dictionary*, Blackwell Publishing, Massachusetts.
- COFFA, J. A. (1991) *The Semantic Tradition from Kant to Carnap*, Cambridge University Press, Cambridge. [*La Tradición Semántica: De Kant a Carnap*, vols. 1 y 2, Universidad Autónoma Metropolitana, México, 2005]
- CREATH, R. (ed.) *Rudolf Carnap and the Legacy of Logical Empiricism*, Springer, Dordrecht.
- DAINTON, B. (2010) *Time and Space*, McGill Queen's University Press, U. K.
- DEVITT, M. (1984) *Realism and Truth*, Princeton University Press, Princeton.
- DICKE, R. H. (1962) "Mach's principle and invariance under transformation of units", *Physical Review* 125 (6), pp. 2163-2167.
- DIEKS, D. (ed.) (2006) *The Ontology of Spacetime*, Elsevier, The Netherlands.
- (2008) *The Ontology of Spacetime II*, Elsevier, The Netherlands.

- DE BOER, K. (2010) "Kant, Reichenbach, and the Fate of A Priori Principles", *European Journal of Philosophy* 19-4, pp. 507-531.
- DICKE, R. H. (1962) "Mach's principle and invariance under transformation of units", *Physical Review* 125 (6), pp. 2163-2167.
- DICKER, G. (2004) *Kant's Theory of Knowledge*, Oxford University Press, Oxford.
- DICKERSON, A. B. (2004) *Kant. On representation and objectivity*, Cambridge University Press, Cambridge.
- DIEKS, D. (ed.) (2006) *The Ontology of Spacetime*, Elsevier, The Netherlands.
- (2008) *The Ontology of Spacetime II*, Elsevier, The Netherlands.
- DISALLE, R. (2008) *Understanding Space-Time*, Cambridge University Press, New York.
- DORATO, M. (2002) "Kant, Gödel and Relativity", P. Gardenfors, K. Kijania-Placek and J. Wolenski (eds.), *Proceedings of the invited papers for the 11th International Congress of the Logic Methodology and Philosophy of Science*, Synthese Library, Kluwer, Dordrecht, pp. 329-346.
- (2008) "Is Structural Spacetime Realism Relationism in Disguise? The Supererogatory Nature of the Substantivalism/Relationism Debate", in Dennis Dieks (ed.) *The Ontology of Spacetime II*, Elsevier, The Netherlands, pp. 17-38.
- DUHEM, P. (2003) *La teoría física. Su objeto y su estructura*, Herder, Barcelona.
- EARMAN, J. S. (1970) "Who's Afraid of Absolute Space", *Australian Journal of Philosophy*, **48**, pp. 287-317.
- (1986) *A Primer on Determinism*, D. Reidel Dordrecht, The Netherlands.
- (1989) *World Enough and Space-Time*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- EARMAN, J. S. et. al. (1977) *Foundations of Space-time Theories*, University of Minesota Press, Minesota.
- (1989) *World Enough and Space-Time. Absolute versus Relational Theories of Space and Time*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- EARMAN, J. and NORTON, J. (1987) "What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Argument", *The British Journal for the Philosophy of Science*, Vol. 38, no. 4, pp. 515-525.

- EINSTEIN, A. (2004) *Einstein 1905: Un año milagroso. Cinco artículos que cambiaron la física*, Crítica, Barcelona.
- (1999) *Sobre la teoría de la relatividad especial y general*, Altaya, Madrid.
- (2004) *The collected papers of Albert Einstein*, Princeton University Press, Princeton.
- (2005) *Einstein. Obras esenciales*, Crítica, Barcelona.
- FANG, J. (1997) *Kant and Mathematics Today*, The Edwin Mellen Press, Queenston, Ontario.
- FALKENSTEIN, L. (1995) *Kant's Intuitionism*, University of Toronto Press, Toronto.
- FERRARIN, A. (1995) "Construction and Mathematical Schematism Kant on the Exhibition of a Concept in intuition", *Kant-Studien* 86(1), pp. 131-174.
- FERRATER-MORA, J. (2001) *Diccionario de filosofía (4 tomos)*, Editorial Ariel, Barcelona.
- FORGE, J. (ed.) (1987) *Measurement, Realism and Objectivity*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- FRIEDMAN, M. (1983) *Foundations of Space-Time Theories. Relativistic Physics and Philosophy of Science*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- (1992) *Kant and the Exact Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (1992b) "Causal Laws and the Foundations of Natural Sciences" en *The Cambridge Companion to Kant*, Paul Guyer (ed.), Cambridge University Press, New York, pp.161-199.
- (1999) *Reconsidering Logical Positivism*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (2000) *A Parting of the Ways. Carnap, Cassirer, and Heidegger*, Open Court, Chicago.
- (2001) *Dynamics of Reason*, CSLI Publications, Stanford, California.
- (2007) "Coordination, Constitution, and Convention: The Evolution of the A Priori in Logical Empiricism", en A. Richardson and T. Uebel, *The Cambridge Companion to Logical Empiricism*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 91-116.
- *et. al* (2007) *The Cambridge Companion to Carnap*, Cambridge University Press, Cambridge.

- (2009) “Einstein, Kant, and the Relativized *A Priori*”, en *Constituting Objectivity* Michael Bitbol *et. al* (eds.), Springer, Paris, pp. 253-268.
- GEROCH, R. (1978) *General Relativity from A to B*, University of Chicago Press, Chicago.
- GÖDEL, K. (1968/2006) *Obras completas*, Alianza Editorial, Madrid.
- GOLDMANN, L. (1974) *Introducción a la filosofía de Kant*, Amorrortu Editores, Buenos Aires.
- GREENBERG, R. (1934/2001) *Kant's Theory of A priori Knowledge*, The Pennsylvania State University, Pennsylvania.
- GUERRERO-PINO, G. (2005) “Teoría kantiana del espacio, geometría y experiencia”, *Praxis Filosófica* 20, pp. 31-68.
- GUYER, P. (2003) *Kant and the Claims of Knowledge*, Cambridge University Press, New York, 1987.
- HACKING, I. (1996) *Representar e intervenir*, Paidós, México.
- HACYAN, S. (2004) *Física y metafísica del espacio y el tiempo*, F.C.E., México D.F.
- (2006) “On the Transcendental Ideality of Space and Time in Modern Physics”, *Kant-Studien* 97. Jahrg., S. 382-395.
- (2009) “Geometry as an object of experience: Kant and the missed debate between Poincaré and Einstein”, <ArXiv:0712.2222>.
- (2009) “Geometry as an object of experience: The missed debate between Poincaré and Einstein”, *European Journal of Physics* 30, pp. 337-343.
- (2013) *Relatividad para estudiantes de física*, F.C.E., México D. F.
- HAGAR, A. (2008) “Kant and non-Euclidean Geometry”, *Kant-Studien* 99(1), pp.80-98.
- HANNA, R. (2001) *Kant and the Foundations of Analytic Philosophy*, Oxford University Press, Oxford.
- HARTLE, J. B. (ed.) (2011) *Gravitational Physics. Exploring the Structure of Space and Time*, National Academy Press, Washington, D. C.
- HARTNACK, J. (2006) *La teoría del conocimiento de Kant*, Cátedra, Madrid.
- HATFIELD, G. (1990) *The Natural and the Normative. Theories of Spatial Perception from Kant to Helmholtz*, The MIT Press, Massachusetts.

- (2006) “Kant on the perception of space (and time)”, en Paul Guyer (ed.), *Kant and Modern Philosophy*, Cambridge University Press, Cambridge.
- HAWKING, S. and PENROSE, R. (2013) *La naturaleza del espacio y el tiempo*, Debate, México D. F.
- HEIDELBERGER, M. and STADLER, F. (2002) *History of Philosophy of Science. New Trends and Perspectives*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- HEINZMANN, G. (2000) “Convention and Observability-Poincaré once again” en *The Reality of the Unobservable*, edited by Evandro Agazzi and Massimo Pauri, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- HINTIKKA, J. (1998) *El viaje filosófico más largo*, Gedisa Editorial, Barcelona.
- HOEFER, C. (1996) “The Metaphysics of Space-time Substantivalism”, *Journal of Philosophy* 93, pp. 5-27.
- HOEFER, C. and CARTWRIGHT, N. (1994) “Substantivalism and the Hole Argument”, in J. Earman *et. al* (eds.), *Philosophical Problems of the Internal and External Worlds*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh.
- HORSTMANN, R. P. (1976) “Space as Intuition and Geometry”, *Ratio* 18, pp. 17-30.
- (1990) “Was bedeutet Kants Lehre vom Ding an sich für seine transzendente Ästhetik”, in *Bausteine der kritische Philosophie*, Olms.
- HOWARD, D. (2014) “Einstein and the Development of Twentieth-Century Philosophy of Science”, en M. Jannssen and C. Lehner (eds.), *The Cambridge Companion to Einstein*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 354-76.
- HUGGETT, N. (1999) *Space from Zeno to Einstein*, The MIT Press, Cambridge.
- HUGGETT, N. and HOEFER, C. (2009) “Absolute and Relational Theories of Space and Motion”, *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Fall Edition. <http://plato.stanford.edu/archives/fall2009/entries/spacetime-theories/>.
- IFTIME, M. and Stachel, J. (2006) “The hole argument for covariant theories”, *Gen Relativ Gravit*, 38:1241-1252.
- JANSSEN, M. and LEHNER, C. (eds.) (2014) *The Cambridge Companion to Einstein*, Cambridge University Press, Cambridge.
- KANT, I. (2009) *Crítica de la razón pura*, F.C.E., México.

- (1991) *Transición de los principios metafísicos de la ciencia natural a la física*, Anthropos, Barcelona.
- (1999) *Prolegómenos a toda metafísica futura que haya de poder presentarse como ciencia*, Ediciones Istmo, Madrid.
- (1992) *Theoretical Philosophy 1755-1770*, D. Walford and R. Meerbote (eds.), Cambridge University Press, New York.
- (1988) *Pensamientos Sobre la Verdadera Estimación de las Fuerzas Vivas*, Editorial Peter Lang, Berna.
- KEMP SMITH, N. (1962) *A Commentary to Kant's Critique of Pure Reason*, St. Martin's.
- KÖHNKE, K. C. (2011) *Surgimiento y auge del neokantismo*, F. C. E., México.
- LANGTON, R. (1998) *Kantian Humility*, Oxford University Press, Oxford.
- LAWDEN, D. F. (1982) *Introduction to Tensor Calculus, Relativity and Cosmology*, Dover Publications, Inc., New York.
- LAZOS, E. (2014) *Disonancias de la Crítica. Variaciones sobre cuatro temas kantianos*, UNAM/IIF, México.
- LEHMKUHL, D. (2008) "Is Spacetime a Gravitational Field?", in *The Ontology of Spacetime II*, Dennis Dieks (ed.), Elsevier, The Netherlands, pp. 83-110.
- LOMBARDI, O. y PÉREZ-RANSANZ, A. R. (2012) *Los múltiples mundos de la ciencia*, Siglo XXI Editores, México.
- LONGUENESSE, B. (2006) "Kant on *a priori* concepts: The Metaphysical deduction of the categories", en Paul Guyer (ed.), *Kant and Modern Philosophy*, Cambridge University Press, Cambridge.
- LUSANNA, L. and PAURI, M. (2005) "General covariance and the objectivity of space-time point-events", arXiv:gr-qc/0503069v2, 3Sep2005.
- MAJER, U. (2002) "Hilbert's Program to Axiomatize Physics (in Analogy to Geometry) and its Impact on Schlick, Carnap and other Members of the Vienna Circle", en M. Heidelberger and F. Stadler (eds.), *History of Philosophy of Science. New Trends and Perspectives*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp.213-24.
- MARCUCCI, S. (2004) "Kant y la ciencia físico-matemática moderna", en *Kant y las ciencias*, Pedro Jesús Teruel (ed.), Biblioteca Nueva, Madrid, 2011, pp. 41-47.

- MARKOSIAN, N. (2010) "Time", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Winter Edition. <http://plato.stanford.edu/archives/win2010/entries/time/>.
- MASSIMI, M. (ed.) (2008) *Kant and Philosophy of Science Today*, Cambridge University Press, Cambridge.
- MATHIEU, V. (1994) "The Late Kant and the Twentieth Century Physics", in Paolo Parrini (ed.), *Kant and Contemporary Epistemology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 157-166.
- MAUDLIN, T. (2014) *filosofía de la física I. El espacio y el tiempo*, F.C.E., México D. F.
- McDONALD, P. J. (2002) "Helmholtz's Methodology of Sensory Science, the *Zeichentheorie*, and Physical Models of Hearing Mechanisms" en *History of Philosophy of Science. New Trends and Perspectives*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 159-84.
- MISNER, C. W., THORNE, K. S. and WHEELER, J. A. (1973) *Gravitation*, Freeman.
- MITTELSTAEDT, P. (1976) *Philosophical Problems of Modern Physics*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- (1994) "The Constitution of Objects in Kant's Philosophy and in Modern Physics" en Paolo Parrini (ed.), *Kant and Contemporary Epistemology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 115-30.
- MORMANN, T. (2007) "Geometrical leitmotifs in Carnap's early philosophy" en Michael Friedman and Richard Creath (eds.) *The Cambridge Companion to Carnap*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 43-64.
- MOSER, P. K. (ed.) (1987) *A Priori Knowledge*, Oxford University Press, Oxford.
- NERLICH, G. (1994) *What Spacetime Explains?*, Cambridge University Press, Cambridge.
- NORTON, J. (1987) "Einstein, the Hole Argument and the Reality of Space", in *Measurement, Realism and Objectivity*, John Forge (ed.), D. Reidel Publishing Company, pp. 153-188.
- (2009) "The Hole Argument", *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Spring Edition. <http://plato.stanford.edu/archives/spr2009/entries/spacetime-holearg/>.
- OAKLANDER, L. N. (2004) *The Ontology of Time*, Prometheus Books, New York.

- O'SHEA, D. (2008) *La conjetura de Poincaré*, Tusquets Editores, Barcelona.
- PARRINI, P. (ed.) (1994) *Kant and Contemporary Epistemology*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- (2009) "Carnap's Relativised A Priori and Ontology", en M. Bitbol *et. al* (eds.), *Constituting Objectivity. Transcendental Perspectives on Modern Physics*, Springer, Paris, pp. 127-43.
- PARSONS, C. (1992) "The Transcendental Aesthetic", en Paul Guyer (ed.), *The Cambridge Companion to Kant*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (2010) "Gödel and Philosophical Idealism", *Philosophia Mathematica* (III), vol. 18, no. 2, pp. 166-192.
- PATON, H. J. (1967) "The Key to Kant's Deduction of Categories" en Moltke S. Gram (ed.), *Kant: Disputed Questions*, Ridgeview Publishing Company, USA, pp. 349-70.
- PELÁEZ-CEDRÉS, A. (2008a) *Lo a priori constitutivo: historia y prospectiva*, Anthropos, Barcelona.
- (2008b) *Carnap*, UAM, México D.F.
- PEREBOOM, D. (2010) "Kant's Metaphysical and Transcendental Deductions" en *A Companion to Kant*, Graham Bird (ed.), Wiley-Blackwell, Canada, pp. 154-168.
- PESIC, P. (ed.) (2007) *Beyond Geometry. Classic Papers from Riemann to Einstein*, Dover, New York.
- PETKOV, V. (2009) *Relativity and the Nature of Spacetime*, Springer, Dordrecht.
- POINCARÉ, H. (1952) *Science and Hypothesis*, Dover Publications, New York.
- (1984) *Filosofía de la ciencia*, CONACYT, México.
- POSY, C. J. (ed.) (1992) *Kant's Philosophy of Mathematics*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- PRINGE, H. B. (2013) "Causalidad, invariancia y sistematicidad en el neokantismo de Ernst Cassirer", *Estudios Filosóficos no. 48*, pp. 109-127.
- PUTNAM, H. (1988) *Razón, verdad, historia*, Tecnos, Madrid.
- (1994) *Las mil caras del realismo*, Paidós, Barcelona.
- REICHENBACH, H. (1920/1965) *The Theory of Relativity and A Priori Knowledge*, University of California Press, Berkeley.
- (1958) *The Philosophy of Space and Time*, Dover, New York.

- (1973) *La filosofía científica*, F.C.E., México D.F.
- (2011) *Defending Einstein*, Cambridge University Press, Cambridge.
- REY, D. (2012) “The Metric Tensor of General Relativity: A Peculiar Spacetime or a Peculiar Physical Field?”, *LOGOS*.
- RICHARDSON, A. and UEBEL, T. (eds.) (2007) *The Cambridge Companion to Logical Empiricism*, Cambridge University Press, Cambridge.
- RICKLES, D. (2008) *Symmetry, Structure and Spacetime*, Elsevier, The Netherlands.
- ROSEN, N. (1940a) “General relativity and flat space I”, *Physical Review* 57, pp. 147-150.
- (1940b) “General relativity and flat space II”, *Physical Review* 57, pp. 150-153.
- ROVELLI, C. (2006) “The Disappearance of Space and Time”, en *The Ontology of Spacetime*, Dennis Dieks (ed.), Elsevier, The Netherlands.
- RYCKMAN, T. (2005) *The Reign of Relativity. Philosophy in Physics 1915-1925*, Oxford University Press, New York.
- (1996) “Einstein *Agonists*: Weyl and Reichenbach on Geometry and the General Theory of Relativity”, en R. N. Giere and A. W. Richardson (eds.), *Origins of Logical Empiricism*, University of Minnesota Press, Minneapolis, pp. 165-209.
- RYNASIEWICZ, R. (1996) “Absolute versus relational space-time: An outmoded debate?”, *Journal of Philosophy* 43, pp. 279-306.
- RUJA, H. (1936) “The logic of Logical Positivism”, *The Journal of Philosophy*, vol. 33, Issue 15, pp. 393-408.
- SCHLICK, M. (1923) *Space and Time in Contemporary Physics: An Introduction to the Theory of Relativity and Gravitation*, Oxford University Press, Oxford.
- SCHMITZ-RIGAL, C. (2009) “Ernst Cassirer: Open Constitution by Functional a Priori and Symbolical Structuring” en *Constituting Objectivity*, ed. by Michael Bitbol, Pierre Kerszberg and Jean Petitot, Springer, Lexington, K.Y.
- SHABEL, L. (2003) *Mathematics in Kant’s Critical Philosophy*, Routledge, New York and London.
- (2010) “The Transcendental Aesthetic” en *Kant’s Critique of Pure Reason*, edited by Paul Guyer, Cambridge University Press, Cambridge.

- SKLAR, L. (1977) *Space, Time, and Spacetime*, University of California Press, Berkeley.
- STACHEL, J. (1993) "The meaning of general covariance", en J. Earman *et. al* (eds.), *Philosophical Problems of the Internal and External Worlds: Essays on the Philosophy of Adolf Grünbaum*, University of Pittsburgh Press, Universitätsverlag Konstanz, Pittsburgh, Konstanz, pp. 129-160.
- STADLER, F. (2011) *El Círculo de Viena*, F. C. E., México.
- STEIN, H. (1967) "Newtonian spacetime", *Texas Quarterly* 10, pp. 174-200.
- (1989) "Yes, but... Some skeptical remarks on realism and antirealism", *Dialectica* 43, pp. 47-75.
- STEPANENKO, P. (2013) *Categorías y autoconciencia en Kant*, UNAM/IIF, México.
- STRAWSON, P. F. (1966) *The Bounds of Sense*, Routledge, New York.
- TAYLOR, E. F. and WHEELER, J. A. (2000) *Exploring Black Holes. Introduction to General Relativity*, Addison Wesley Longman, USA.
- TERUEL, Pedro Jesús *et. al.* (2011) *Kant y las ciencias*, Biblioteca Nueva, Madrid.
- TORRETTI, R. (2000) "Scientific realism and scientific practice", en E. Agazzi y M. Pauri (eds.), *The Reality of the Unobservable: Observability, Unobservability and their Impact on the Issue of Scientific Realism*, Kluwer, Dordrecht, pp. 113-122.
- (2005) *Manuel Kant*, Ediciones Universidad Diego Portales, Santiago de Chile.
- (2008) "Objectivity: a Kantian Perspective", en M. Massimi (ed.), *Kant and Philosophy of Science Today*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 81-95.
- UEBEL, T. (2008) "Logical Empiricism", en S. Psillos and M. Curd (eds.), *The Routledge Companion to Philosophy of Science*, Routledge, New York, pp. 78-90.
- UTIYAMA, R. (1956) "Invariant Theoretical Interpretation of Interaction", *Physical Review* 161, pp. 1597-1607.
- VUILLEMIN, J. (1973) "Poincaré's Philosophy of Space", en Patrick Suppes (ed.), *Space, Time and Geometry*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht.
- WALD, R. M. (1984) *General Relativity*, University of Chicago Press, Chicago.
- (1998) *Espacio, tiempo y gravitación*, F.C.E., México.
- WALKER, R. C. S. (ed.) (1982) *Kant on Pure Reason*, Oxford University Press, New York.

WANG, H. (1995) "Time in Philosophy and in Physics from Kant and Einstein to Gödel", *Synthese* 102(2), pp. 215-234.

WATKINS, E. (ed.) (2001) *Kant and the Sciences*, Oxford University Press, Oxford.

WEIZSÄCKER, C. F. (2006) *The Structure of Physics*, Springer, Netherlands.

WILL, C. M. (1981/1993) *Theory and Experiment in Gravitational Physics*, Cambridge University Press, Cambridge.

— (2005) *¿Tenía razón Einstein?*, Gedisa Editorial, Barcelona.

YOURGRAU, P. (1991) *The Disappearance of Time*, Cambridge University Press, Cambridge.

— (2007) *Un mundo sin tiempo*, Tusquets Editores, Barcelona.