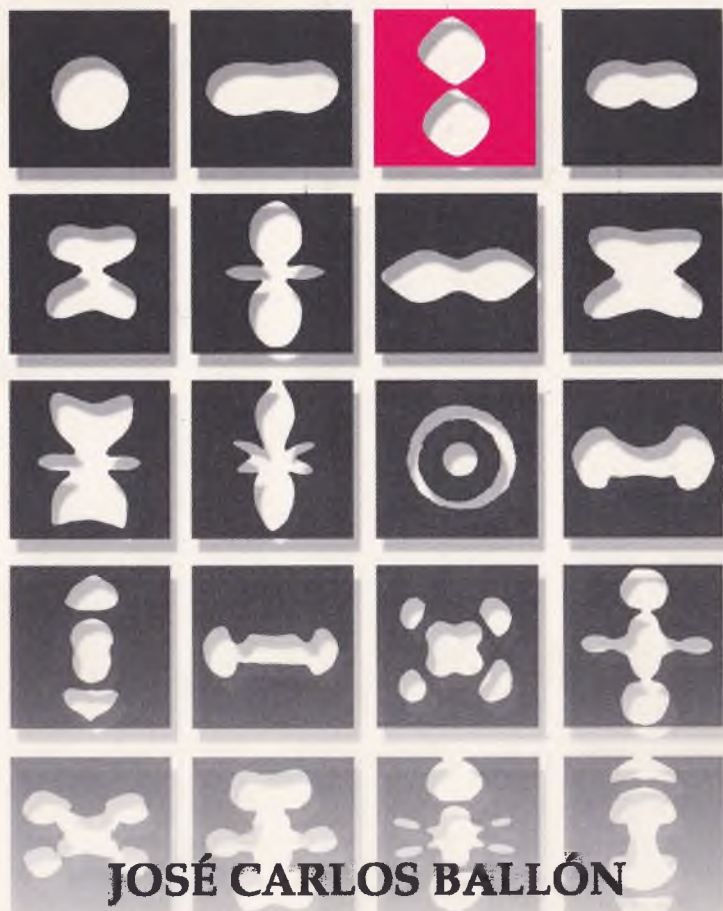




JOSÉ CARLOS BALLÓN UN CAMBIO EN NUESTRO PARADIGMA DE CIENCIA

CONSEJO NACIONAL DE



CIENCIA Y TECNOLOGÍA



JOSÉ CARLOS BALLÓN (Lima 1949), realizó estudios superiores en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM). Sus áreas de interés giran en torno a temas de epistemología y filosofía política.

Es magister en filosofía y profesor principal de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la UNMSM, donde también se desempeña como docente investigador del Instituto de Investigación del Pensamiento Peruano y Latinoamericano (IIPPLA). Actualmente tiene a su cargo el Seminario de epistemología de las ciencias naturales y el de Filosofía del siglo XIX en la Escuela Académico Profesional de Filosofía de dicha facultad. Asimismo, dicta el curso sobre Teorías de la verdad en la Unidad de Postgrado de la misma universidad.

Ha escrito diversos ensayos y artículos de investigación sobre problemas de ciencia, ética y pensamiento peruano en publicaciones especializadas. Recientemente recibió el premio al Mérito Científico que otorga la UNMSM por haber sido considerado el segundo investigador científico más destacado en el período 1990-1998 en la especialidad de letras y ciencias humanas.



DE LA FÍSICA MODERNA A LA FÍSICA CONTEMPORÁNEA

UN CAMBIO EN NUESTRO PARADIGMA DE CIENCIA

JOSÉ CARLOS BALLÓN

CONSEJO NACIONAL DE



CIENCIA Y TECNOLOGÍA

CONCYTEC

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

PRESIDENTE: ING. JUÁN ERNESTO BARRERA DELGADO
COMITÉ DIRECTIVO: DR. ALBERTO CAZORLA TALLERÍ
DR. ALBERTO GROBMAN TVERSKI
ING. ISAÍAS FLIT STEREN
DR. ENRIQUE CARLOS MATEO SALAS
DR. FRANCISCO VERDERA VERDERA
DR. JESÚS ALBERTO AYMAR ALEJOS
DR. JORGE ALBERTO DEL CARPIO SALINAS

PRIMERA EDICIÓN, Agosto de 1999

Impreso en el Perú - Printed in Perú

ISBN: 9972-50-008-X

Hecho el Depósito legal

Registro N° 15011399-2678

Impresión: Línea y Punto S.A.

RUC: 10925975

Av. Arnaldo Márquez 2250 - Jesús María

Lima 11 - Perú / Telf: 4636355

© JOSÉ CARLOS BALLÓN V., e-mail: jcballon@csur.org.pe.

© De esta edición: CONCYTEC

Calle del Comercio 197 - San Borja - Lima - Perú.

e-mail: webmaster@concytec.gob.pe.

Prohibida la reproducción total o parcial del contenido de este libro sin autorización expresa de los editores.

*"Partimos del Perú, donde habíamos permanecido por espacio de un año,
rumbo a China y Japón, cruzando el Mar del Sur...pero de pronto
el viento cesó estacionándose en el Oriente durante muchos días, de suerte
que apenas podíamos avanzar y a veces nos sentíamos tentados
de retroceder. Mas repentinamente también se desencadenó por el Sur
tan fuerte vendaval, que a pesar de todos nuestros esfuerzos nos arrastró
hacia el Norte...en medio de la inmensidad del océano,
dándonos ya por perdidos, nos dispusimos a morir..
Y sucedió que al atardecer del día siguiente, divisamos hacia
el Norte algo así como nubes espesas que, sabiendo esta parte
del mar del Sur totalmente desconocida, despertaron en nosotros
algunas esperanzas de salvación, pues bien pudiera ser que
hubiera islas o continentes que hasta ahora no habían salido a luz."*

FRANCIS BACON

*"Donde yo encuentro poesía mayor
es en los libros de ciencia,
...en el orden del mundo,
... en la verdad..."*

ERNESTO CARDENAL

THE HISTORY OF THE CITY OF BOSTON

By SAMUEL JOHNSON, Esq. of the Middle Temple, Barrister at Law.
In TWO VOLUMES.
LONDON: Printed by J. DODD, in Pall-mall, 1790.

THE HISTORY OF THE CITY OF BOSTON, from its first settlement in 1630, to the present time. In two volumes. The first volume contains the history of the city from its first settlement to the year 1700. The second volume contains the history of the city from the year 1700 to the present time.

The first volume of this history contains the history of the city from its first settlement in 1630, to the year 1700. It contains a full and complete account of the city's growth and development during this period, and is a valuable source of information for those interested in the history of the city.

The second volume of this history contains the history of the city from the year 1700 to the present time. It contains a full and complete account of the city's growth and development during this period, and is a valuable source of information for those interested in the history of the city.

The history of the city of Boston is a story of growth and development, of struggle and triumph. It is a story that has inspired generations of Americans, and it is a story that continues to inspire us today.

The history of the city of Boston is a story of growth and development, of struggle and triumph. It is a story that has inspired generations of Americans, and it is a story that continues to inspire us today.

Índice

Prefacio / 9

Introducción / 19

PRIMERA PARTE:

EL DEBATE TEÓRICO

- I. La Mecánica moderna, ontología básica / 37
- II. El atomismo filosófico: La paradoja del vacío / 55
- III. La teoría de la luz: La crisis asoma por el formalismo / 89
- IV. La Electrodinámica clásica: La antinomia generalizada / 97
- V. Teoría de la relatividad: Un cambio de compromiso ontológico / 111
- VI. Inicios de la teoría cuántica: Del atomismo a la gran sopa / 139
- VII. Atomismo, causalidad y determinismo / 181
- VIII. Física cuántica y teoría cuasi conjuntista / 197
- IX. Conclusiones / 223

SEGUNDA PARTE:

EL DEBATE FILOSÓFICO

- X. Sustentación / 235
- XI. Del atomismo a la teoría contextual del significado / 257
- XII. La pragmática como paradigma de verdad / 317
- XIII. Kant, Heidegger y la ciencia moderna / 357

- Apéndice I. Algunos aspectos históricos y lógicos del concepto "Compromiso ontológico" / 369
- Apéndice II. Los orígenes del capitalismo y los discursos filosóficos de la modernidad / 377
- Apéndice III. Las paradojas del saber en la modernidad / 409

Prefacio

EL PRESENTE NO ES UN "LIBRO DE TEXTO" informativo o introductorio a la ciencia contemporánea para uso regular en la currícula universitaria. Existen buenos y numerosos trabajos que satisfacen con creces tal necesidad en nuestro medio. Se trata más bien de un conjunto de ensayos e investigaciones que sugieren que se está produciendo un cambio en nuestra concepción filosófica moderna de la ciencia que, en mi opinión, conlleva impredecibles consecuencias teóricas y sociales para nuestro futuro.

Ello no quiere decir que se trata de un texto dirigido a un selecto y reducido grupo de iniciados en asuntos de filosofía de la ciencia. Sólo quiere advertir que su pretensión no es difundir como un catecismo algunos resultados de la ciencia contemporánea, sino discutir, examinar e interpretar críticamente si tales resultados poseen buenas razones y sugieren horizontes y problemas más interesantes para la vida y el pensamiento de nuestra comunidad.

Con frecuencia se esgrimen en nuestro medio aparentes motivos "pedagógicos" para evitar la reflexión crítica y restringirla al terreno de la mera difusión periodística. No tengo la intención de hacer la menor concesión a esta concepción que imagina a las personas como toneles vacíos meramente receptivos, los cuales hay que llenar de información y, peor aún, de poca información para no rebalsar su limitada capacidad de entendimiento. Tal concepción aristocrática del saber se encuentra frecuentemente asociada con otra similar sobre la educación, que considera al estudiante un discípulo servil o al lector un receptor pasivo, pero en modo alguno un interlocutor.

No existe algún lugar demostrativamente privilegiado en el lenguaje para la verdad de un discurso científico. Es un grosero error considerar al científico como un Moisés que baja de la montaña con una tabla resumida de nuevas verdades inapelables dirigidas a ilumi-

nar al vulgo. Por el contrario, el objetivo de un texto científico de investigación apunta a arriesgar hipótesis y argumentos destinados a desafiar el juicio de un “tercero interpretante” y someterse al rechazo o aprobación del receptor. No encuentro otra forma de diálogo democrático. Y este es posiblemente el problema cultural más importante que nos planteó la concepción moderna de ciencia desde sus orígenes hasta nuestros días.

Con esto quiero desafiar explícitamente un vieja tradición escolástica de la cultura nacional—institucionalizada en la educación desde el período colonial— que ha sido uno de los obstáculos fundamentales de nuestra ilustración cultural. Se identificó educación con instrucción, saber con cantidad de información y no con razonamiento independiente. Se enseña a obedecer y no a investigar, a descalificar y no a argumentar; se aplasta la autoestima del estudiante y consecuentemente todo proceso de individuación cultural moderna.

Sospecho que la llamada “cultura de la dependencia” o “cultura imitativa” que tanto denunciara nuestro maestro sanmarquino Augusto Salazar Bondy, no es resultado de un hecho sociológico externo derivado de la “dominación extranjera” sino, en primer lugar, interno, de nuestra propia cultura jerárquica, autoritaria, mesiánica y monológica, que nos ha educado en el “ninguneo” mutuo, excluyéndonos permanentemente como miembros de una comunidad dialógica de interlocutores válidos.

Con ello quiero decir que el razonamiento discursivo que ejercemos en la actividad científica es simplemente un “hábito mental” de ejercicio crítico interpretativo de las creencias de otros individuos, hábito instituido socialmente—entre otros factores— por la educación. No es un acto monológico basado en alguna suerte de intuición natural o revelación trascendental. Es más bien una serie de estados y creencias cuya contingencia está originada por el permanente desafío de las creencias de otros.

Sostengo la tesis de que el discurso científico no difiere necesariamente de otras creencias culturales por algún procedimiento fundamentalista *sui generis*, sea por su “lógica”—pues no existe un “lugar” lógico privilegiado— o por su supuesta “verificabilidad observacional”—pues no existe algo así como un observador omnisciente—. Tampoco

existen “verdades evidentes” colocadas esencial o axiomáticamente en el comienzo de todas nuestras creencias discursivas. Dicho específicamente, la noción de verdad no se encuentra al comienzo del discurso científico. Es más bien un resultado (“efecto significativo”) que emerge cuando remitimos condicionalmente nuestras creencias hipotéticas hacia otras creencias que las validan o invalidan, las refuerzan o las debilitan. Su “prueba” consiste en una semiosis o, si se quiere, en el resultado de una transacción simbólica con un tercero interpretante.

En pocas palabras, la verdad de nuestras creencias es siempre resultado de una obra comunitaria de disputas y consensos históricos circunstanciales y no una intuición o evidencia pura de alguna mente individual o trascendental aislada o descontextualizada. Es siempre un acuerdo parcial sobre afirmaciones abstractas, precisamente en virtud de su inexactitud teórica y práctica, siempre perfectible.

Podría parecer sin embargo poco digno de crédito y hasta quizás insufriblemente vanidoso un libro cuyo objetivo sea señalar una profunda revolución en el paradigma moderno de científicidad, tratándose de un profesor de una universidad del tercer mundo, alejado de las principales comunidades internacionales donde se produce masivamente la ciencia y tecnología de vanguardia, y posiblemente la reflexión filosófica más intensa sobre ella.

No es mi interés desacreditar esa legítima desconfianza del *establishment* respecto a nuestra situación, pero tengo buenas razones para desafiarla, porque nuestra marginalidad puede también proporcionar un ángulo realmente estimulante para desbordar un paradigma moderno de científicidad, cuya consolidación durante los últimos cuatro siglos en dichas comunidades culturales dificulta inmensamente la tarea crítica desde su interior.

Quiero decir con ello que nuestra experiencia histórica de país atrasado, conflictiva y frustrante para el desarrollo de una comunidad y cultura científico-tecnológica moderna, no necesariamente debe ser vista como una situación exclusivamente defectiva –ni, por supuesto, como una oportunidad reaccionaria para idealizar el orden premoderno en el que estamos sumergidos– sino que, por el contrario, podría proporcionarnos la posibilidad de pensar y explorar de una manera

más atrevida y menos conservadora un nuevo paradigma de cientificidad, y con ello pensar también de una manera alternativa nuestra propia modernización social.

Tales son los motivos que legitiman mi atrevimiento. Más aún, éste ha sido estimulado por desarrollos alcanzados recientemente por diversos pensadores científicos latinoamericanos que nos pueden dar claves importantes para superar nuestra historia de desencuentro y frustración social con la ciencia moderna, proveyéndonos de excepcionales recursos para revertir un derrotero previo. Pero esto ya es casi la conclusión del libro y ahora sólo pretendo estimular la curiosidad y benevolencia del lector para asumir su lectura. Por ahora, apenas quiero enfatizar que la legitimidad de mi intento no es un asunto personal, sino de nuestra historia acontecida.

Desde la independencia del régimen colonial, casi todos los ideólogos de nuestra emancipación política asociaron la organización del Perú como una república moderna al desarrollo de la ciencia y la tecnología. Ello parece haber sido también casi un lugar común en la historia intelectual latinoamericana, por lo menos en los casos de Brasil, México o Argentina.

Particularmente en el Perú, científicos e ideólogos ilustrados como Hipólito Unanue y Baquijano y Carrillo, entre otros, que emergieron desde fines del siglo XVIII en nuestra Universidad de San Marcos en una dura pugna contra el clericalismo y el dominio del pensamiento escolástico heredados del período colonial, personificaron un nuevo tipo de intelectual que vio la relevancia práctica de la ciencia en la aplicación de sus resultados con miras al mejoramiento social, la cual "para conducir certeramente a tal aprovechamiento, debe abandonar la especulación metafísica y someterse a los dictados de la experiencia".

Instalada la República durante la segunda mitad del siglo XIX y luego a lo largo del siglo XX, se consolidó en nuestra universidad (particularmente en sus áreas médicas y en las de ciencias naturales y sociales), así como en las diversas universidades estatales que se fueron creando en las provincias del país, un persistente estilo académico de pensamiento positivista y neopositivista. Dicho pensamiento se asoció frecuentemente a la idea de forjar un entorno social y un espíritu laico, liberal y tecnocrático en nuestras elites intelectuales, económicas y políticas.

Esta suerte de relación causal directa que se supone entre el desarrollo de la ciencia y la tecnología modernas —como principal expresión de un pensamiento crítico— y la modernización social y política de nuestro país, la encontraremos en toda la galería de pensadores modernistas que conformaron nuestra llamada “generación del novecientos”, desde Manuel González Prada —para quien la ciencia positiva “en sólo un siglo de aplicaciones industriales produjo más bienes a la humanidad que milenios enteros de teología y metafísica”— hasta el joven Riva Agüero, Francisco García Calderón, Mariano H. Cornejo, Joaquín Capelo, Javier Prado, Enrique Barreda y Laos, Jorge Polar y muchos otros fundadores de nuestro paradigma contemporáneo de desarrollo nacional moderno.

Esta misma relación —aunque ahora invertido el orden causal— la hallaremos también a fines del siglo XX. Por ejemplo, en un reciente ensayo sobre la investigación científica en el Perú escrito por el talentoso físico nuclear y catedrático de la Universidad Nacional de Ingeniería Dr. Benjamín Marticorena, se dice que “La ciencia, como producto principal de la racionalidad, requiere, para incubarse y desarrollar, de un medio social en el que el pensamiento crítico haya logrado respetabilidad. Y ésta debe darse no sólo en los círculos académicos, sino en el nivel público y en el de la institucionalidad civil. Para que la ciencia arraigue en la sociedad, es preciso que los intereses de sus agentes (tanto intelectuales como económicos y políticos) coincidan en el apoyo al estudio racional de la naturaleza ... favoreciendo el desarrollo de las ciencias básicas (Física, Biología, Química y Matemáticas), cuyos descubrimientos son el fundamento de las ciencias aplicadas (Ingeniería, Medicina, etcétera), que son las más visiblemente vinculadas al *paradigma del desarrollo moderno* ... Que la sociedad respalde esa cualidad investigadora y crítica en sus comunidades científicas y productivas —tomadas en sentido amplio— obedece a diversas exigencias convergentes de la economía, de la cultura y de la política”.

Lo que en realidad quiero enfatizar con esta apretada reseña —más allá de las diferencias doctrinales y circunstanciales existentes en cada uno de los autores mencionados— es que nuestra reflexión sobre el pensamiento científico no es nueva, ni tampoco exclusiva de los países desarrollados. Por el contrario, ha sido obsesivamente con-

siderada vital en la tradición intelectual nacional para nuestra aspiración de modernización social. Más bien su desencuentro ha sido señalado como una de las principales causas de nuestro frustrante atraso y subdesarrollo o también como una consecuencia del predominio social y cultural de ideologías oscurantistas y retrógradas que impiden el desarrollo del pensamiento crítico. En tal sentido, este trabajo sólo pretende ser parte de dicha reflexión histórica de nuestra comunidad intelectual y no quiere ser ajena a esa tradición y sus aspiraciones fundamentales.

En lo que sí pretendo diferenciarme de dicha tradición es en el hecho de que hasta ahora se ha visto la dificultad que originaba el desencuentro entre nuestras sociedades y el pensamiento científico moderno exclusivamente en el lado de la premodernidad dominante en nuestras relaciones e institucionalidades sociales, políticas y culturales. Ello dio lugar a que el paradigma moderno de ciencia fuera asumido como un texto sagrado que sólo había que “aplicar”, y la creación de una cultura científica en nuestra comunidad como una suerte de actividad evangelizadora y extirpadora de idolatrías arcaicas, muy cercana a un discurso autoritario teológico-positivista o, a veces, como una mera aplicación tecnocrática completamente ajena a la actividad dialógica e imaginativa que se suele atribuir más bien al desarrollo cultural de las artes y las humanidades.

Este texto pretende explorar precisamente ese otro lado de la moneda: los límites de dicho paradigma moderno de ciencia o más específicamente de la ideología positivista que lo envuelve, pues consideramos que encierra una de las claves más importantes para encarar las dificultades y complejas aporías que hemos enfrentado históricamente para la modernización cultural de nuestras sociedades.

Por otro lado, visto desde una perspectiva más personal, el presente libro es un conglomerado de textos cuya producción abarca aproximadamente los últimos quince años y que no fueron originalmente concebidos para ser publicados juntos. Si bien sus partes giran en torno a un tópico común y han sido pensadas y discutidas desde un mismo lugar (San Marcos), estuvieron motivadas por circunstancias muy diversas (monografías, seminarios, debates, ponencias, artículos, tesis, etcétera) y abordan niveles y aspectos diferentes del pa-

radigma moderno de ciencia. La idea de su publicación unificada fue más bien un resultado tardío de su propia acumulación.

Con esta aclaración en realidad quiero advertir que la lista de personas a las que obligatoriamente tengo que agradecer es, sin lugar a dudas, casi tan grande como el texto mismo. Y como eso no es razonable, voy a cometer dos inconsecuencias. Traicionando mis secretas simpatías filosóficas nominalistas, mencionaré injustamente a algunas personas sólo de manera genérica como maestros, amigos y alumnos, e inversamente, a otros los voy a mencionar por su nombre propio, de manera absolutamente desproporcionada a la magnitud real de mi metafísica gratitud para con ellos.

En primer lugar están los numerosos maestros y amigos de nuestra vieja Universidad de San Marcos. Ellos me enseñaron desde muy joven a disfrutar y amar el rigor lógico y el espíritu laico de la reflexión científica, dentro de una antigua y hasta saludable tradición “positivista” (o tal vez simplemente científicista). Digo saludable porque aunque no comparta en general dicha doctrina (o “estilo”), sin una página de texto no se puede tener un margen en el cual anotar la crítica (pienso en maestros como Saco, Miró Quesada, Ferro, Piscosya, Sanz, Guzmán y amigos como Marino Llanos, entre otros). Aunque parezca paradójico, en algún momento uno de ellos —creo que fue Luis Piscosya— me indujo también a leer al gran Lewis Carroll, y con ello me hizo reparar en el “rigor lógico” de la imaginación literaria.

Pero me refiero también a su contraparte metafísica, a aquellos que muchas veces con fina ironía e increíble paciencia me enseñaron a percibir —contra toda concepción semántica reduccionista del significado— la inevitable servidumbre histórico-contextual de la ciencia con respecto a alguna tradición cultural de naturaleza metafísica (pienso en gente como Russo, Salazar Bondy, Peñaloza, Peña Cabrera, nuevamente Ferro, Sobrevilla, Albizu, Abugattás, Prado, Krüger y muchos otros). Pienso también en María Luisa Rivara, que me enseñó a mirar desde el Perú. No puedo olvidar de muchos de ellos —en particular de mis colegas del Departamento de Filosofía— las interminables horas de aprendizaje amigable o disputas apasionadas en las que estoy seguro recibí mucho más de lo que pude dar. Imagino por

ello que mis alumnos se encargarán de pasarme la factura de esta deuda impaga.

Particularmente en el caso de este libro, toda la primera parte fue largamente conversada con nuestro recordado maestro Julio Sanz, quien una y otra vez me sometió a las críticas sensatas de su “realismo directo”. La segunda parte puede considerarse un esfuerzo por responder a las agudas objeciones y observaciones planteadas—desde puntos de vista filosóficos mutuamente divergentes— por Luis Piscoya y Antonio Peña Cabrera.

Tengo también una gran deuda con algunos amigos del Departamento de Literatura como Miguel Ángel Huamán, quien me adentró en el universo de la pragmática lingüística, y con Santiago López Maguiña y su espíritu semiótico deconstructivista, y desde otro ámbito, con amigos como el historiador Nelson Manrique, quien perturbó permanentemente mis sueños dogmáticos insistiendo una y otra vez en la historicidad de los universos mentales.

Quiero agradecer igualmente a una vieja y entrañable amiga de ideales políticos, Maruja Martínez. Al lado de la filosofía, la política es una de esas pasiones en las que he ganado notables amigos (tal vez fue finalmente lo único que gané). En esta coincidencia de filosofía, ciencia y política han influido largos años de conversaciones y disputas con Eduardo Cáceres y Juan Abugattás. Particularmente sobre este punto fueron también revitalizantes para mí las lecturas y conversaciones últimas tenidas con Cyril Smith, por muchos años profesor de matemáticas del London School of Economics, y con William Rowe, profesor de literatura del King's College. Ellos saben que no es por mala voluntad o ingratitud que no he podido acceder a sus amables invitaciones para continuar la conversación.

En el último año de elaboración de este trabajo, tuve también la oportunidad de asistir con frecuencia a un peculiar grupo de discusión sobre temas de Lógica, Matemática y Filosofía, organizado por los profesores Óscar Trelles, Ramón García Cobián y Diógenes Rosales en la Universidad Católica. Los debates allí desarrollados y la calidad personal y teórica de cada uno de ellos, ha sido una fuente de inspiración decisiva para muchas de mis reflexiones finales. Por supuesto, sólo los culpo de mis reflexiones y no de mis aventuras

especulaciones. Paralelamente, la mayoría de los temas aquí desarrollados fueron sometidos a la implacable inquisición de los estudiantes del *Seminario de filosofía de las ciencias naturales* (es imposible olvidar la agudeza de Roberto Katayama, Jubino Yauri, Rubén Quiroz, Víctor Céspedes y otros) de la Escuela de Filosofía de San Marcos.

Finalmente, tengo que agradecer de manera especial a la Oficina de Apoyo al Investigador del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), sin cuyo financiamiento simplemente este libro no existiría. No salgo todavía de mi asombro ante la naturalidad y sobriedad con que su Director General, el señor Carlos Sifuentes Espinoza, me comunicó la decisión institucional de apoyar la publicación. No menor asombro me produce también la combinación de profesionalismo y generosidad de Aldo Ocaña Correa, editor infatigable, así como la paciencia y meticulosidad de Giannina Sánchez Guerrero, quien compuso impecablemente este libro. El bellissimo diseño de la carátula, hecho por mi amigo Gonzalo Nieto Degregori, me deja sin posibilidad de expresar con palabras la magnitud de mi agradecimiento.

En razón de los antecedentes señalados, me gustaría aprovechar esta ocasión para hacer el mismo pedido que Descartes incluyó en el prefacio de la versión francesa de sus *Principios de la filosofía*, “acerca de cómo leer este libro, cual es que me gustaría que se recorriese primero todo él, como si se tratase de una novela”. Pero cuando repito la frase del gran pensador francés, no estoy pensando en la clásica novela moderna, esto es, en el relato lineal y monológico en el que sólo se escucha la voz de un autor omnisciente, sino en una suerte de relato más contemporáneo. Tal vez en el sentido que Bajtin creyó descubrir en Dostoievski, cuyos antecedentes –según él– se remontan a los diálogos socráticos y a la literatura carnalesca, caracterizándolo como un tipo de “discurso polifónico”.

En efecto, si observamos el desarrollo histórico de la ciencia moderna a la contemporánea encontraremos con gran sorpresa algo muy distinto a un monológico sistema axiomático y, por el contrario, algo más cercano a un conglomerado incoherente de voces, discursos y relatos que sólo a veces se entrecruzan, y al hacerlo, recrean perma-

nentamente nuestra poética ilusión tomista (Cardenal *dixit*) de la existencia de un orden en el mundo y de una teoría unificada y final. Para decirlo en términos de un peruanismo reciente, la ciencia es, en mi modesta opinión, más “chicha” de lo que muchos epistemólogos se imaginan, y en conjunto sus resultados teóricos están más cerca de Frankenstein que de Robinson Crusoe, y sus autores más cerca del polifónico e incoherente sujeto freudiano que del monológico y coherente sujeto cartesiano. Y esto, por supuesto, no me parece un defecto, sino la esencia de su creatividad.

Al decir todo esto no pretendo coquetear con alguna moda intelectual posmoderna, sino enfatizar el contexto social que me ha llevado a pensar de esta manera. La convulsionada vida universitaria en San Marcos y la multiplicidad de personajes, historias y voces que se entrecruzan –en medio de los cuales se escribió la mayor parte de este libro– transcurre también como una extraña novela, y hacen de ella un lugar privilegiado de mi país para escuchar “todas las voces”. Quiero recalcar que San Marcos es el lugar felizmente menos apropiado de mi país para el “adoctrinamiento” homogeneizador y más próximo a la anarquía intelectual librepensadora que tanto odian las institutrices. Gracias a ello, el aprendizaje se convierte en una serie de actos individuales que constituyen una verdadera secuencia de descubrimientos de “otros”, con cuyas opiniones –por más absurdas que nos parezcan– conformamos un conglomerado de irreducible e inmanejable pluralismo que hace tan larga la lista de mis gratitudes. Sin esta comunidad plural, educarse para pensar es simplemente imposible.

Last but not least, quiero mencionar en esta ya demasiado larga dedicatoria, sólo tres nombres: Pica, Inés y Emilio, a quienes incluyo –no podía ser de otra manera– por amor y por derecho propio.

Lima, mayo de 1999

J.C.B.

Introducción

*"Si un camarero en el restaurante me dice:
'tenemos unos espárragos frescos muy buenos',
me irritaré con justicia si luego me explica
que su observación fue puramente lingüística
y no hacía referencia a ningún espárrago auténtico.
Este grado de compromiso ontológico está implícito
en todo el lenguaje ordinario. Pero la relación
entre las palabras y los objetos que no son
palabras, varía de acuerdo con la clase..."*

BERTRAND RUSSELL

ESTAMOS ACOSTUMBRADOS, desde Bacon, Galileo y Newton, hasta los positivistas del siglo XIX y los neopositivistas del siglo XX, a una imagen muy popular de la física moderna como irreconciliable adversaria experimental de la especulación metafísica.

El objeto de este libro es mostrar lo contrario. O dicho en términos menos pretenciosos, que no existe algo así como una clara línea de demarcación con la que —ingenua y dogmáticamente— los científicos naturales modernos se vieron a sí mismos separados por un abismo de los filósofos, de sus métodos especulativos y de sus preocupaciones ontológicas fundamentalistas, así como de los discursos "metafóricos" de novelistas y poetas. En realidad, la ciencia natural moderna estuvo históricamente implicada en un compromiso ontológico y semántico con determinado modelo metafísico¹.

En segundo lugar, voy a sostener teórica e históricamente una tesis, que si bien no es novedosa, tampoco es mayoritaria —razón por la

1 Véase Apéndice I.

cual puede ser estimulante para la investigación científica, pero sobre todo para la filosofía—, según la cual la causa teórica más importante del surgimiento, desarrollo y estallido de las paradojas de la mecánica moderna (o newtoniana) entre fines del siglo XVIII y comienzos del siglo XX, es atribuible a un tipo específico de metafísica con la que estaba comprometida. Y que la crisis de la mecánica moderna a fines del siglo XIX y principios del siglo XX —a pesar del discurso filosófico fenomenista y antimetafísico que formalmente defendía— tenía más que ver con el agotamiento de este modelo metafísico y con el establecimiento histórico de un nuevo compromiso ontológico, que con el desarrollo experimental² o con la sintaxis formal de dicha cien-

2 “El filósofo y científico René Descartes (1596-1650) fue el primero entre los modernos que intentó reducir la totalidad de la física a figuras y movimientos... Por supuesto, Descartes no logró llevar adelante su programa de reducción; introdujo átomos invisibles y mantuvo el éter aristotélico, al que dotó de complejos movimientos de vórtice... Newton criticó, sin mencionarla directamente, la física cartesiana, porque era apriorística. En su lugar propuso construir una teoría que partiera de la observación y permaneciera cercana a ella... Estas eran las palabras, no los hechos; Newton nunca puso en práctica la filosofía inductivista que predicaba... supuso objetos que no eran directamente observables, tales como masas, centros de masas y fuerzas... y relacionó estos conceptos transempíricos formando hipótesis... Newton era tan practicante del método hipotético-deductivo como Descartes y Leibniz, aunque él pensase que era un fiel seguidor de Francis Bacon, el héroe de la filosofía nacional... quienes no poseían bagaje filosófico pensaban que llevaba a la práctica lo que predicaba”. Mario Bunge; *Controversias en física*. Madrid, 1983, Tecnos, pp. 32-33 y pp. 34, 39 y ss. También del mismo autor, *Teoría y realidad*. Barcelona, 1972, Ariel, e *Intuición y ciencia*. Buenos Aires, 1965, Eudeba.

Alexandre Koyré ha mostrado el caso ejemplar de Juan Bautista Benedetti, quien a mediados del siglo XVI llegó a formular una filosofía matemática de la naturaleza e inclusive a matematizar la física sobre la base de la estática de Arquímedes, pero no pudo llevar dicho desarrollo al punto de una dinámica teórica porque —a diferencia de Galileo— no llegó siquiera a insinuar una ontología *ad hoc* que liberara la interpretación física de su formalismo de la necesidad del *ímpetus* aristotélico, para explicar la causa de la continuidad del movimiento. Para ello (es decir, para formular un principio dinámico como el inercial) se requería postular una ontología en términos de átomos y vacío. Cf. Alexander Koyré; “Juan Bautista Benedetti, crítico de Aristóteles”, en *Estudios de historia del pensamiento científico*. México, 1982, Siglo XXI Editores, p. 125. Ver también, sobre implicancias ontológicas del principio de inercia, del propio Koyré; “Galileo y Platón”, en *Estudios de historia...*, *op. cit.*, pp. 153-159. Koyré se pregunta qué es lo que hace que para los modernos el *principio de inercia* resulte tan “apriorísticamente claro, plausible y evi-

cia natural, como pensaron el logicismo³, el formalismo⁴ y el positivismo lógico contemporáneos.

En tercer lugar, voy a identificar el compromiso ontológico de la física moderna con el modelo metafísico atomista o cosificador de la naturaleza. El átomo sería la sustancia ontológicamente más “ele-

dente”, mientras que para los griegos hubiera parecido “falso” y hasta “absurdo”. De hecho, “el movimiento en la física aristotélica es un estado esencialmente transitorio”. Si es “natural” acaba con su objetivo final; si es “violento” tiende por naturaleza a cesar.

Sólo un cambio radical —“desde un punto de vista ontológico”— en nuestra imagen cultural del universo puede explicar la “naturalidad” con que se asume la “evidencia” (cultural) del principio de inercia. Se ha pasado del “cosmos plena y jerárquicamente ordenado” de Aristóteles al “universo homogéneo, abierto e infinito” de la abstracta geometría euclídeana, cuya única interpretación física posible es el “espacio vacío” del atomismo. Ver al respecto A. Koyré; “Galileo y la revolución científica”, en *Estudios de historia...*, op. cit., pp. 184 y ss. Según Koyré, Gassendi (1592-1655) parece haber sido el primero en darse cuenta de que el principio de inercia era consecuencia de una ontología atomista y no un concepto de origen experimental, tal como Galileo, Torricelli y Pascal se esforzaban en probar (*Ibid.*, pp. 315-317).

3 “Sostengo que la lógica es lo fundamental en filosofía, y que las escuelas debieran caracterizarse más por su lógica que por su metafísica”. Bertrand Russell; “Atomismo lógico” (1929), en *El positivismo lógico*, comp. de A.J. Ayer. México, 1965, Fondo de Cultura Económica, p. 37. En base a criterios filosóficos análogos, una gran mayoría de filósofos e historiadores de la ciencia contemporáneos piensan que la causa de la diferencia específica entre la ciencia natural moderna y la antigua reside en su formalización o matematización y no, a la inversa, en el cambio de su compromiso ontológico, es decir, de su concepción metafísica del mundo.

Sin llegar a una posición antimetafísica extrema como el positivismo o el formalismo, de alguna manera el notable filósofo y matemático convencionalista francés Henri Poincaré mediatiza sin embargo la relevancia de los compromisos metafísicos de la ciencia natural, considerándolos “hipótesis indiferentes” de segundo orden: “Hay una segunda categoría de hipótesis que calificaré de indiferentes. En la mayoría de las cuestiones el analista supone al comienzo de su cálculo, ya sea que la materia es continua o que está formada por átomos. Habría hecho lo contrario y sus resultados no habrían cambiado, hubiera sido más penoso obtenerlos, he ahí todo (...) Estas hipótesis indiferentes no son nunca peligrosas, siempre que no se desconozca su carácter. Pueden ser útiles como artificios de cálculo o para sostener nuestro entendimiento con imágenes concretas, para fijar las ideas, como se dice. No hay razón pues, para desterrarlas”. Poincaré, Henri; *La science et l'hypothèse*, Cap. IX, en *Filosofía de la ciencia*. México, 1964, UNAM, pp. 12-13.

4 El formalismo matemático es presentado por esta corriente filosófica como un modelo de conocimiento desontologizado y deshistorizado. Como bien señala Imre Lakatos, “el formalismo es un baluarte de la filosofía del positivismo lógico”: “Con la expresión ‘escuela formalista’ aludiré a aquella escuela de filosofía matemática que tiende

mental" y lógicamente más "simple". Esto permitió separar el objeto de las ciencias naturales de las ciencias sociales o humanas y reducir la imagen de la naturaleza a un conjunto de objetos externos y simples, manipulables por una racionalidad instrumental, y la construcción de una noción de "objetividad" como el resultado de un lenguaje supracultural (no intersubjetivo) que adquiere la misma transparencia e impersonalidad que un libro sagrado, compuesto por entidades metafísicas hipostasiadas externamente a la subjetividad humana⁵.

Desde este punto de vista, voy a sostener, en cuarto lugar, que el cambio fundamental que se opera en la ciencia natural contemporánea se encuentra comprometido con una metafísica no atomista, que "mira" la naturaleza en términos relacionales, estructurales, cualitativos e históricos. Es de dicho cambio de compromiso ontológico que, en mi opinión, surgen los diversos problemas del aparato formal y, sobre todo, los diversos enigmas de la interpretación física en la ciencia contemporánea.

a identificar las matemáticas con su abstracción axiomática formal (y la filosofía de las matemáticas con la metamatemática). Una de las enunciaciones más claras de la posición formalista se puede hallar en Carnap (*The logical syntax of language*. New York-London, 1937, Kegan Paul). Carnap quiere que a) 'la filosofía se substituya por la lógica de la ciencia...', b) 'la lógica de la ciencia no es más que la sintaxis lógica del lenguaje de la ciencia...', c) 'la metamatemática es la sintaxis del lenguaje matemático' (pp. XIII y 9). O bien: la filosofía de las matemáticas ha de ser sustituida por la metamatemática". A su vez, "El formalismo desconecta la filosofía de las matemáticas de la historia de las matemáticas, puesto que, de acuerdo con la concepción formalista de las matemáticas, estas no tienen propiamente historia". Lakatos, Imre; *Pruebas y refutaciones. La lógica del descubrimiento matemático*. Madrid, 1978, Alianza Editorial, pp. 17-18.

5 Ya a comienzos de nuestro siglo, mucho antes de que la teoría cuántica o relativista fueran anunciada, Henri Poincaré se planteaba fuertes interrogantes sobre esta cuestión: "... toda generalización supone en cierta medida la creencia en la unidad y en la simplicidad de la naturaleza... Pero el segundo punto, no es tan fácil. No es seguro que la naturaleza sea simple (...) Hubo un tiempo en que la simplicidad de la ley de Mariotte era un argumento invocado en favor de su exactitud (...) ¿y la misma ley de Newton? Su simplicidad, tanto tiempo disimulada, no es quizá más que aparente ¿Quién sabe si ella no es debida a algún mecanismo complicado, al choque de alguna materia sutil animada de movimientos irregulares, y si no se ha tornado simple más que en función de las medias y de los grandes números? En todo caso es difícil no suponer que la verdadera ley contenga términos complementarios, que se volverán sensibles a distancias pequeñas... Así su simplicidad, sería únicamente a causa de la anormalidad de las distancias celestes". Poincaré, Henri, en *Filosofía de la ciencia, op. cit.*, pp. 5-8.

En quinto lugar, pretendo sugerir que gran parte de la crisis de la física moderna se debió a la adhesión dogmática y no crítico-filosófica de los científicos a dicho modelo metafísico. Inicialmente es posible afirmar que esto se debe tal vez a su ignorancia o desprecio hacia los debates filosóficos clásicos sobre el tema. Pero sospechamos que dicha actitud dogmática fue luego teóricamente estimulada e institucionalmente reforzada por la ingenua pretensión newtoniana⁶ (luego justificada por filósofos como Kant) de que las ciencias naturales empíricas (como la Física, por ejemplo) sólo constituyen estructuras discursivas formales (matemáticas) para correlacionar fenómenos experimentales (hechos).

Pienso que esta imagen estimuló decididamente la idea de que las teorías científicas son discursos independientes o ajenos a cualquier compromiso ontológico, debido a que, en efecto, un formalismo resulta autosuficiente con el solo requisito de que sus axiomas sean completos e independientes. Si bien este punto jugó un papel históricamente productivo en los inicios del mundo moderno, para independizar a la ciencia del paradigma teológico escolástico que la aprisionaba, su fetichización posterior creó la ilusión naturalista de la autonomía absoluta de su interpretación física con respecto a todo entorno cultural. Ello dio lugar a una nueva teología de carácter naturalista: la teología positivista. Formalismo, instrumentalismo, inductivismo, fenomenismo y positivismo lógico, se dieron la mano en esta empresa⁷.

Entendemos por “compromiso ontológico” aquello que Kuhn denomina “compromisos básicos” o “profesionales”, que según él

6 Para el gran historiador británico de la ciencia I. Bernard Cohen, la esencia del llamado “estilo newtoniano” consiste en “la capacidad de separar en dos partes el estudio de las ciencias exactas; a saber, el desarrollo de las consecuencias matemáticas de sistemas o constructos imaginados y la subsiguiente aplicación de los resultados matemáticamente derivados a la explicación de la realidad fenoménica”. Cohen, I.B.; *La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*. Madrid, 1983, Alianza Editorial, p. 14.

7 “Los filósofos se ofenden por el uso de ‘metafísico’ como término injurioso cuando... hay buena metafísica, u ontología, así como la hay mala: véase Bunge 1977 y 1979b. Algunas teorías metafísicas u ontológicas son más relevantes y verdaderas que ciertas teorías económicas”. Bunge, Mario; *Economía y filosofía*. Madrid, 1982, Tecnos, p. 29.

“... no sólo especifican qué tipos de entidades contiene el universo, sino también, por implicación, las que no contiene”. Rigurosamente hablando podríamos decir que nos permite decidir al interior de una teoría qué es lo que existe y qué es lo que no existe.

Como consecuencia de ello, la física tuvo que esperar casi cuatro siglos para que un científico genial como Werner Heisenberg cayera en cuenta de que:

El influjo más fuerte sobre la física y la química de los últimos siglos lo ejerció sin duda la doctrina atómica de Demócrito... Los átomos pueden equipararse a las masas puntuales de la mecánica newtoniana... La concepción atómica de Demócrito pasa a ser... la cosmovisión materialista del físico... moldeó el pensamiento de los físicos, incluso de aquellos que nada querían saber de filosofías. (...) Lo que realmente hace falta es un cambio en los conceptos fundamentales. Tendremos que abandonar la filosofía de Demócrito y el concepto de partícula elemental. Y en lugar de ello deberíamos aceptar el concepto de simetrías fundamentales que deriva de la filosofía de Platón... No creo que aparte de este cambio conceptual vaya a haber ninguna ruptura espectacular⁸.

8 Werner Heisenberg; *Encuentros y conversaciones con Einstein y otros ensayos*. Madrid, 1979, Alianza Editorial, pp. 23-24 y 89-90; y Mario Bunge y A.J. Kálnay en su ensayo “Las peculiaridades de la física cuántica” (Cf. *Controversias en física, op. cit.*, pp. 132-157), sostienen que “las leyes básicas de la física cuántica son efectivamente peculiares de ella, no precisamente por su forma matemática, que puede remedarse en términos clásicos, sino por su interpretación y por el papel que desempeñan en el conjunto de la teoría” (*Ibid.*, pp. 133-134). En tal sentido, Heisenberg tiene razón cuando centra su crítica a la mecánica moderna en los “conceptos fundamentales” de orden ontológico que la sostienen, pero yerra por completo al contraponer la filosofía de Demócrito (que atribuye al corpuscularismo mecánico moderno) a la filosofía de Platón (que atribuye a las simetrías fundamentales de la mecánica cuántica). Como bien ha mostrado Koyré, la superación de la física aristotélica por la física moderna hubiera sido imposible sin la “alianza” (en realidad *síntesis*) de Platón y Demócrito. Contraponerlos es tan absurdo como contraponer el concepto de “forma” al concepto de “materia” en la teoría de la substancia aristotélica. Más que un “regreso” a una ontología platónica (no me refiero por supuesto a su teoría del conocimiento del período de madurez) la teoría de la relatividad y la teoría cuántica parecen sugerir más bien una aparente evolución en el sentido de la física aristotélica, particularmente en su relativismo. Recordemos que para Aristóteles el espacio está

Este compromiso ontológico tuvo, por supuesto, orígenes más profundos y contextos sociales y culturales más amplios que los meros marcos teóricos y profesionales de esta disciplina señalados por Kuhn. El presente trabajo es en tal sentido sólo parte de una investigación más extensa sobre la evolución de la *concepción* o *imagen del mundo* elaborada por la llamada “modernidad” europea a lo largo de los siglos XVI, XVII, XVIII y XIX. Desde este punto de vista, más que pretender una contribución a la “filosofía de la física”, se propone averiguar el aspecto inverso, a saber, en qué contribuyó la Física al horizonte filosófico y cultural de la modernidad.

Con esto quiero sugerir también una actitud crítica frente a lo que comúnmente se suele entender como “filosofía de la física”, la cual asigna a la filosofía una función parasitaria (que le hace demasiado honor o demasiado escarnio) con respecto a las diversas disciplinas científicas, ya sea para “fundamentarlas” o para “generalizar” sus resultados. Una suerte de servidumbre análoga a la que se le asignó en el medioevo con respecto a la teología. Pienso que esta perspectiva hace daño tanto a la filosofía como a las ciencias particulares, pues supone de alguna manera fundamentalista la infalibilidad dogmática de alguna de ellas, reduciendo la mutua capacidad analítica y crítica de ambas⁹.

lleno, pero no en el sentido mecánico de un recipiente lleno de partículas materiales, sino en el sentido de que no es concebible un cuerpo sin relación, es decir, un cuerpo en ningún lugar (vacío). Comparto por ello la afirmación de Kuhn en el sentido de que “en ciertos aspectos fundamentales, la teoría general de la relatividad de Einstein se parece más a la física de Aristóteles que a la de Newton”. Cf.: Kuhn, T.S.; “Reflections on my critics”, en *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge University Press, 1970, p. 259 (trad. nuest.). No obstante, dicho parecido tiene sus límites. El espacio de la física moderna y contemporánea significa una disolución total del cosmos griego, compuesto por esferas y entidades cualitativamente diferenciadas y jerarquizadas (como lo era su propia sociedad de castas) y su sustitución por un universo homogéneo cuyas entidades son del mismo nivel ontológico. Cf. al respecto el interesante artículo de José Muñoz Ordóñez “La matematización de la realidad”, en: *Las ciencias naturales y la concepción del mundo hoy*. Lima, 1979, IPP ed., p. 42.

9 “Una concepción más contemporánea sostiene que el papel de la filosofía es servir, no ya de fundamento para las ciencias o como extensión de ellas, sino antes bien de observador crítico de las mismas”. Sklar, Lawrence; *Filosofía de la física* (1992). Madrid, 1994, A.U., p. 14.

Si abandonamos entonces una pretensión fundamentalista, es posible decir que en cierto modo nos alejamos de la intención de elaborar una "epistemología" o una "teoría del conocimiento", en un sentido tradicional o escolar. Por otro lado, al aproximarnos al análisis de la evolución histórico-conceptual del discurso científico nos acercamos a una cierta actitud hermenéutica. Pero con ello no estamos adhiriendo una suerte de "ciencia hermenéutica" de pretensiones igualmente fundamentadoras del saber científico usual.

Coincidiríamos con Gadamer sólo en aquel aspecto que caracteriza "la pregunta hermenéutica", que consiste a mi entender en desbordar la dimensión analítico-operacional del discurso científico usual mediante una ampliación histórica y argumentativa de sus condiciones de producción, pero no en el sentido trascendental de buscar una "dimensión que precede al uso del método en la ciencia"¹⁰, ubicándose en algún lugar privilegiado de la comprensión. No es nuestra pretensión la búsqueda de una "hermenéutica universal" o "trascendental" de fundamentación.

Usaremos la hermenéutica más bien en un sentido pragmático, histórico, lingüístico, comparativo —quizás algo más cercana a la sugerida por Rorty que a la de Gadamer o Apel—, en la medida que su necesidad y utilidad se plantea al interior de la propia evolución de las teorías físicas cuando surgen los problemas de "incommensurabilidad" o "discontinuidad" entre sus teorías, incomprensibles por procedimientos puramente analíticos¹¹.

10 Gadamer, H.G.; *Verdad y método. Fundamentos de una hermenéutica filosófica*. Salamanca, 1975, Sígueme, p. 471.

11 "...como traducirlas sin que parezcan unos locos... si se traza la distinción hermenéutica-epistemología tal como yo la hago... lo único que ocurre es que la hermenéutica sólo se necesita en el caso de discursos incommensurables... en el momento en que podemos saber traducir lo que se está diciendo... No hay ninguna razón metafísica por la que los seres humanos deban ser capaces de decir cosas incommensurables, ni ninguna garantía de que vayan a seguir haciéndolo". Rorty, Richard; *La filosofía y el espejo de la naturaleza* (1979), Madrid, 1983, Cátedra, p. 314. Sin embargo, a diferencia de Rorty, pienso que los problemas de la comunicación no dependen de la buena o mala suerte de los interlocutores. Precisamente aquí es donde, en mi opinión, reside la relevancia de los compromisos ontológicos que pretendo mostrar.

En dicho sentido, una comprensión más o menos integral del pensamiento moderno debería abarcar por lo menos tres regiones fundamentales: las raíces económicas y sociales del período, el desarrollo de las ideas científico-naturales y, finalmente, las ideas propiamente filosóficas que delimiten el entorno u horizonte cultural.

En la realidad, las tres regiones mencionadas estuvieron profundamente entrelazadas y mezcladas al punto de ser prácticamente imposible trazar una línea de demarcación perfectamente clara entre ellas, salvo que lo hagamos de una manera provisional y por razones estrictamente impuestas por el proceso de investigación.

Si pudiéramos describir en pocas palabras la esfera de las relaciones económicas y sociales, caracterizaríamos el período que va de comienzos del siglo XVI a finales del siglo XVIII, como aquel en que se opera una fase de transición entre el viejo régimen feudal y el moderno régimen burgués.

La ampliación de la producción y el comercio mundial luego de las cruzadas y el descubrimiento de América, van a constituir una palanca fundamental que hará crujir las viejas relaciones feudales heredadas de la Edad Media: la estrecha producción artesanal, la multiplicidad de pequeños reinos feudales e innumerables fronteras aduaneras que frenaban la expansión comercial, y el viejo régimen de servidumbre que ataba a la tierra y a la aristocracia feudal a la mayoría de la población, impidiendo la disponibilidad masiva de mano de obra que exigía la expansión comercial.

El renacimiento urbano que se producirá como consecuencia del enriquecimiento inmenso de prestamistas y comerciantes a lo largo de las cruzadas y descubrimientos geográficos dan inicio al proceso de configuración de una nueva clase urbana: la burguesía. Su emergencia quebró a lo largo de dichos siglos las fronteras aduaneras locales, a la sombra del absolutismo. A la demanda de *libertad comercial* siguió la exigencia de *libertad de trabajo* de toda atadura servil y corporativa, de manera de permitir la libre disponibilidad de la mano de obra requerida para la expansión productiva, y con ello el surgimiento del otro sujeto moderno por excelencia: el asalariado u obrero libre.

Las libertades de comercio y de trabajo condujeron, a su vez, a la exigencia de *libertad de conciencia* (bajo la forma del "libre exa-

men" enarbolado por la reforma protestante), frente a la principal institución ideológica heredada del medioevo: la Iglesia Católica Romana. Esta institución era una de las principales propietarias de tierras en la Europa medioeval, que no sólo condenaba la usura —grave amenaza a la propiedad feudal— sino también a la ciencia y a la filosofía a ser una mera contemplación de la revelación divina y no un instrumento de manipulación de la naturaleza y lucro individual, como aspiraba la burguesía y legitimó posteriormente el calvinismo.

La interrelación existente entre el proceso cultural y el proceso económico que condujo a la conformación de la moderna sociedad capitalista —que por razones de pertinencia aquí sólo presuponemos— ha sido ampliamente demostrada desde ángulos muy distintos por los clásicos trabajos de Max Weber¹² y de Carlos Marx¹³, así como por los de sus innumerables discípulos.

Weber demostró ampliamente de qué manera la fuerza subjetiva fundamental que desencadena la materialización social de una cultura laica y autónoma en Occidente —a diferencia de otras civilizaciones— estuvo directamente ligada a los procesos de individuación social que desató la reforma protestante.

El "libre examen", y en general la ética protestante de la responsabilidad individual, liberó al sujeto moderno de toda atadura confesional institucionalizada, así como de todo escrúpulo ético que sujetara sus relaciones intersubjetivas a alguna institucionalidad confesional en perjuicio de su conciencia individual. La sociedad civil burguesa pasó a ser entonces el terreno laico por excelencia para el desenvolvimiento de la libre individualidad o, mejor dicho, de la conciencia atomista no teleológica de dicha individualidad. La religión pasó a ser un asunto privado.

Asimismo, Marx demostró histórica y teóricamente, que el desarrollo material de la sociedad capitalista —es decir de su racionalidad

12 Max Weber; *La ética protestante y el espíritu del capitalismo*. Barcelona, 1976, Editorial Península.

13 Carlos Marx; *El capital*. México, 1971, FCE.

social instrumental— fue posible no tanto por el surgimiento de las máquinas o de la industria en sí mismas, sino en tanto que previamente, a cierto grado de desarrollo mercantil (iniciado antes del capitalismo) emergieron los sujetos sociales modernos por excelencia: el productor individual independiente y el obrero libre; libres ambos de toda atadura natural, económica, ética y cultural directamente sociales.

Sólo el surgimiento histórico de tales tipos específicos de “individuos libres” permitió desatar la “lógica de la acumulación capitalista”, y por tanto, las condiciones materiales necesarias para la expansión universal del régimen social de producción moderno.

En realidad, no se trataba de una disputa originada por razones solamente ideológicas. La necesidad de expandir la producción comercial requería para la burguesía toda una revolución teórica respecto de la concepción puramente contemplativa de la filosofía como “contemplación desinteresada de la verdad”, según rezaba el viejo paradigma aristotélico. Requería la independencia teórica de las llamadas “filosofía natural” y “filosofía moral” para su instrumentalización autónoma, de manera que permitiera identificar “saber” y “poder” como enunciara el célebre apotegma baconiano.

Dicha revolución teórica se irá conformando a lo largo de los tres siglos siguientes. Finalmente, ella no fue sino un instrumento de la preparación de la revolución industrial y de la revolución política que Inglaterra y Francia, respectivamente, llevaron hasta sus últimas consecuencias¹⁴.

Supuesto este contexto histórico social, el presente trabajo sólo pretende mostrar la evolución estrictamente conceptual e interna (formalismo e interpretación física) de una rama decisiva de la nueva *filosofía natural*.

14 Ver al respecto José Carlos Ballón, Raimundo Prado y Juan Abugattás; *Para iniciarse en filosofía*. Lima, 1993, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, tomo II, “Los orígenes del capitalismo y los discursos filosóficos de la modernidad” (Introducción), pp. 9-31 y Apéndice II de este libro. Ver también Carlo M. Cipolla; *Historia de la Europa preindustrial*. Madrid, 1981, A.V. primera parte, cap. 3, pp. 126-148, segunda parte, cap. 6, pp. 173-195 y cap. 9, pp. 237-241.

La modernidad opuso esta rama a la metafísica escolástica como nuevo paradigma de ciencia, y ha quedado identificada en la historia como la *Física newtoniana* o *Física moderna*, términos que usaremos indistintamente para distinguirla a lo largo de nuestra investigación, tanto de la Física antigua o clásica (aristotélica) como de la Física contemporánea (relativista y cuántica).

La evolución del contexto social y de las tradiciones filosóficas heredadas de la Antigüedad no son algo anecdótico o teóricamente irrelevante en la evolución conceptual de la ciencia moderna. Ésta se encuentra plagada de conceptos ideológicamente necesarios para justificar su legitimidad institucional en el contexto social de su propia época.

Asimismo, la ciencia moderna se encuentra atravesada de categorías y postulados filosófico-metafísicos originados en viejas escuelas y tradiciones clásicas, asumidas muchas veces de manera inconsciente (o inclusive explícitamente negadas) por el científico práctico, que individualmente se siente completamente ajeno a toda especulación metafísica, debido a la imagen ideológica que de sí misma se creó la ciencia natural moderna, como algo opuesto a toda metafísica especulativa.

En sentido contrario a esta imagen ideológica, un objetivo central del presente trabajo es demostrar el papel decisivo que tuvo la metafísica atomista en la conformación, desarrollo y crisis de la física moderna.

Es difícil comprender la importancia teórica decisiva que tiene la imagen atomista, *corpuscular*, *discontinua* e *inercial* de la materia —a la que se va a aferrar con todas sus fuerzas la mecánica moderna— si no se refiere el papel decisivo que dicha estructura ontológica tenía en relación a una dura disputa cultural y política por forjar la independencia del conocimiento científico natural (filosofía natural) con respecto a toda subordinación a la metafísica teológica, y particularmente a la Iglesia Católica.

Esta disputa fue paralela y casi tan intensa como aquella otra lucha política de la burguesía por separar prácticamente a la Iglesia del Estado y teóricamente a la ciencia política de la ética y a la misma ética de la teología, para ir forjando la idea del “individuo libre” de

toda relación de subordinación trascendental en la moderna sociedad civil burguesa¹⁵.

No fue por supuesto durante la modernidad burguesa la primera vez que en la historia europea esta imagen metafísica atomista de la *materia* fue usada para sostener una tesis de la estructura discontinua del mundo que cuestionara toda explicación teleológica que nos remitiera causalmente y de manera necesaria a alguna causa final o "primer motor" extramundano¹⁶.

15 "Con Nicolás Maquiavelo estamos ante otro mundo completamente distinto. La Edad Media ha muerto... la justicia, el fundamento divino del poder, nada de todo esto existe para Maquiavelo. No hay más que una sola realidad, la del Estado; hay un hecho: el del poder. Y un problema: ¿cómo se afirma y se conserva el poder en el Estado?... ¡Qué hermoso *Discurso del método* hay implícitamente en la obra del secretario florentino! ¡Qué hermoso tratado de lógica pragmática... La inmoralidad de Maquiavelo es pura lógica. Desde el punto de vista en que se coloca, la religión y la moral no son más que factores sociales. Son hechos que hay que saber utilizar, con los que hay que contar. Eso es todo. En un cálculo *político* hay que tener en cuenta todos los factores *políticos*: ¿qué puede hacer un juicio de valor, cuando es referido a la suma? ¿desvirtuar subjetivamente sus resultados? ¿inducirnos a error? Muy ciertamente, pero en absoluto modificar la suma." Alexandre Koyré; *Estudios de historia...*, *op. cit.*, p. 14.

Al respecto, vale la pena ver también el primer diálogo de *La cena de las cenizas*. La primera gran defensa del copernicanismo hecha por su primer mártir: Giordano Bruno, para quien el copernicanismo no sólo plantea una reforma cosmológica total (y por tanto la falsedad del tomismo y la verdad de Pitágoras, así como el descubrimiento de América refuta la descendencia adánica de toda la humanidad y por tanto la universalidad del pecado original), sino también una reforma moral, política y religiosa. Cf. Giordano Bruno; *La cena de las cenizas*. Madrid, 1987, Alianza Universidad, Primer Diálogo, pp. 60-81.

16 "No creas que las claras luces de los ojos fueron creadas para que pudiéramos ver; ni que para poder avanzar a grandes pasos se articularon muslos y piernas... Estas interpretaciones y otras del mismo género trastornan el orden de las causas con un razonamiento vicioso; pues nada ha nacido en nuestro cuerpo con el fin de que podamos usarlo; al revés, lo que ha nacido engendra el uso". Lucrecio; *De rerum natura*, Lib. IV, 825-835, Cf. Paul Nizan; *Los materialistas de la antigüedad*. Madrid, 1971, Ed. Fundamentos, p. 64. En el mundo moderno, B. de Spinoza va a retomar esta argumentación epicúrea en su crítica de las causas finales, extraídas a partir de las causas eficientes: el fin no es una causa, al darle una interpretación causal estamos cambiando y no reflejando el orden natural, poniendo en primer lugar lo que está al último. Ver Spinoza; *Ética demostrada según el orden geométrico*. Madrid, 1987, Alianza Editorial, Primera Parte, Apéndice. "Todos los prejuicios que intento indicar aquí dependen de uno solo... de que los hombres supongan, comúnmente, que todas las cosas de la naturaleza actúan al igual que ellos mis-

Por estas implicancias prácticas y tecnológicas, así como por sus implicancias filosóficas, la física de Galileo y Newton se constituyó en el modelo de ciencia laica por excelencia de la modernidad, ocupando el trono paradigmático respecto del modelo de conocimiento ideal o perfecto que en la antigüedad griega tuvo la geometría de Euclides o en el medioevo la teología tomista.

El objetivo de esta investigación parcial es mostrar cómo se formaron, consolidaron y finalmente entraron en crisis —en el caso de la física moderna—, tanto la imagen paradigmática atomista del mundo como su método por excelencia, el *método analítico-reduccionista* que caracterizó la mecánica moderna¹⁷, referido fundamentalmente a la geometría analítica cartesiana y al cálculo newtoniano¹⁸, así como al conjunto de la matemática finitista que se desarrolló aproximadamente hasta mediados del siglo XIX, en vísperas de la gran revolución cantoriana.

Averiguar las formas específicas que produjeron la crisis de los paradigmas de la modernidad puede darnos algunas claves de la contemporaneidad (o, como algunos la llaman, de la *posmodernidad*), sin caer en los riesgos de apreciaciones de conjunto apresuradas y simplistas. Y esto sólo podrá obtenerse del desarrollo de la propia dialéctica interna del nivel anteriormente alcanzado. Esto es, del análisis immanente del paradigma filosófico de cientificidad moderno, la llamada Filosofía Natural o simplemente Física.

mos, por razón de un fin..." (pp. 89-90). Sobre la tradición antiteológica del atomismo antiguo y moderno, cf. Hegel: *Lecciones sobre la historia de la filosofía*. México, 1985, FCE, T. II, Sec. II-B, pp. 393-394.

17 "Como en las matemáticas, en la filosofía natural, la investigación de las cosas difíciles por el método de análisis ha de preceder siempre al método de composición... Con este método de análisis podemos pasar de los compuestos a sus ingredientes y de los movimientos a las fuerzas que los producen; en general, de los efectos a las causas y de estas causas particulares a las más generales, hasta que el argumento termine en la más general. Éste es el método de análisis". Newton, Isaac: *Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz*. Madrid, 1977, Alfaguara S.A., p. 349.

18 "El logro newtoniano más sobresaliente fue mostrar cómo introducir el análisis matemático en el estudio de la naturaleza de una manera bastante novedosa y particularmente fructífera... dicho estilo consiste en un intercambio entre la simplificación e idealización de las situaciones que se dan en la naturaleza y sus análogos en el dominio matemático". Cohen, I. Bernard: *La revolución newtoniana...*, op. cit., pp. 33-34.

Bien visto, los hombres nunca llegan a elaborar una perspectiva *superior* al pasado, si por lo menos dicho pasado no ha dado ya los elementos o gérmenes de su superación. La superación de la racionalidad moderna burguesa europea implica, en primer lugar, comprender la racionalidad de la modernidad misma, para poder extraer en todo caso de su seno los elementos de una superación racional.

Este examen es hoy más necesario que nunca, cuando toda una corriente filosófica empuja a un reexamen crítico de la modernidad. Es un hecho evidente, sin embargo, que muchos tratamientos unilaterales o superficiales, están conduciendo no a una "superación", sino muchas veces a retornos a formas más primitivas de racionalidad, cuando no al simple irracionalismo o al escepticismo filosófico, como rechazo de toda racionalidad científica.

...y el que se refiere a la vida social y a la vida política. En el primer caso, el individuo se relaciona con el mundo exterior a través de su actividad económica, y en el segundo caso, a través de su actividad política. En ambos casos, el individuo se relaciona con el mundo exterior a través de su actividad social.

En el primer caso, el individuo se relaciona con el mundo exterior a través de su actividad económica, y en el segundo caso, a través de su actividad política. En ambos casos, el individuo se relaciona con el mundo exterior a través de su actividad social.

En el primer caso, el individuo se relaciona con el mundo exterior a través de su actividad económica, y en el segundo caso, a través de su actividad política. En ambos casos, el individuo se relaciona con el mundo exterior a través de su actividad social.

En el primer caso, el individuo se relaciona con el mundo exterior a través de su actividad económica, y en el segundo caso, a través de su actividad política. En ambos casos, el individuo se relaciona con el mundo exterior a través de su actividad social.

En el primer caso, el individuo se relaciona con el mundo exterior a través de su actividad económica, y en el segundo caso, a través de su actividad política. En ambos casos, el individuo se relaciona con el mundo exterior a través de su actividad social.

La filosofía y la ciencia. El método de la filosofía.

La filosofía y la ciencia son dos disciplinas que se relacionan entre sí de una manera muy estrecha. La filosofía es la ciencia de la ciencia, y la ciencia es la filosofía de la naturaleza.

La filosofía y la ciencia son dos disciplinas que se relacionan entre sí de una manera muy estrecha. La filosofía es la ciencia de la ciencia, y la ciencia es la filosofía de la naturaleza.

PRIMERA PARTE EL DEBATE TEÓRICO

El debate teórico es el debate que se produce entre los filósofos y los científicos. Este debate se produce porque la filosofía y la ciencia son dos disciplinas que se relacionan entre sí de una manera muy estrecha.

El debate teórico es el debate que se produce entre los filósofos y los científicos. Este debate se produce porque la filosofía y la ciencia son dos disciplinas que se relacionan entre sí de una manera muy estrecha.

EL DEBATE TECNICO
ECONOMICA Y POLITICA

I

La Mecánica moderna, ontología básica: El mundo es una mesa de billar

“La idea de Demócrito era que un relato sobre los fragmentos más diminutos de las cosas constituye un buen trasfondo para las historias sobre los cambios de las cosas hechas de estos fragmentos. La aceptación de este género de historia del mundo (enriquecida sucesivamente por Lucrecio, Newton y Bohr) quizá sea un rasgo definitorio de occidente, pero no es una opción que pueda conseguir, o que exija, garantías epistemológicas o metafísicas”

RICHARD RORTY¹⁹

HACIA FINES DEL SIGLO XIX, en la llamada Física moderna, se podían distinguir dos grandes ramas o teorías fundamentales claramente diferenciadas, tanto desde el punto de vista del aparato matemático-formal, como desde el punto de vista de la interpretación física del mundo natural²⁰.

Por un lado, teníamos el conjunto de sustancias físicas ponderables por su masa pero inertes —por la incapacidad de cambiar su movimiento o masa por sí mismas— sin la injerencia de una fuerza externa, agrupadas bajo la denominación de *materia*. Por otro lado, teníamos el conjunto de entidades denominadas *fuerzas* o *energías*, en sí mismas imponderables, pero capaces de producir cambios ponderables en la inercia de las sustancias materiales.

19 Rorty, Richard; *La filosofía y el espejo...*, op. cit., pp. 312-313.

20 En la conferencia de Ludwig Boltzmann dictada el 22 de setiembre de 1899 en Munich, “Sobre la evolución de los métodos de la física teórica en los tiempos recientes”, una memoria histórica del estado de la mecánica newtoniana a fines del siglo XIX puede verse Cf. Ludwig Boltzmann; *Escritos de mecánica y termodinámica*. Madrid, 1986, Alianza Editorial, pp. 131-165.

Tal como había caracterizado Newton dicho panorama, “todos los cuerpos perseveran en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, en el cual se encuentran, a menos que alguna fuerza actúe sobre él y lo obligue a cambiar de estado”²¹.

Aparentemente, materia y energía constituían las dos realidades substanciales (irreducibles e independientes) a partir de las cuales se elaboraba una imagen armónica e integral del mundo natural. Pero mientras la materia era ponderable en sí misma (pues era definida como una cantidad constante de masa y movimiento), la energía resultaba imponderable en sí misma y era definida –debido a su carencia de masa– por los resultados de su acción sobre los cuerpos materiales, es decir, desde el punto de vista de su medición, tenía una existencia relativa.

No obstante, cada una de estas entidades era estudiada respectiva e independientemente por cada una de las dos grandes teorías que componían la Física Teórica: la Mecánica (que estudiaba el movimiento de los cuerpos materiales) y la Electrodinámica (que estudiaba la energía).

De ahí que uno de los problemas básicos de la Física newtoniana consistía precisamente en definir las relaciones entre ambas entidades absolutamente distintas²². Dichas relaciones se definían a partir de los principios de la Mecánica, en la medida que era a través del método analítico-reduccionista que se abordaban las propiedades dinámicas de las entidades físicas, el cual encontraba en la constancia de masa y movimiento la base de toda medición.

21 Isaac Newton; *Principios matemáticos de la filosofía natural y sistema del mundo*. Madrid, 1982, Editora Nacional, p. 237.

22 Ya Newton había planteado los términos de este problema desde la primera edición de su *Óptica* en 1704: “¿Acaso los cuerpos y la luz no actúan mutuamente unos sobre otros? Es decir, ¿no actúan los cuerpos sobre la luz al emitirla, reflejarla, refractarla e inflexionarla y, la luz sobre los cuerpos, al calentarlos y provocar en sus partes un movimiento vibratorio que es en lo que consiste el calor?” (Cuestión 5 de la Parte I, Libro III). Y también se pregunta “¿Qué es el fuego, sino un cuerpo calentado hasta el punto de emitir abundante luz? ¿Qué otra cosa es el hierro al rojo vivo, sino fuego? ¿Y qué otra cosa es el carbón ardiente, sino madera al rojo vivo?” (Cuestión 9 del mismo libro). Isaac Newton; *Óptica o tratado de las reflexiones...*, op. cit., libro III, Parte I, Cuestión 5 y 9, pp. 295 y 297.

El estado de la cuestión

A propósito del desconcertante descubrimiento del radio, Henri Poincaré recapituló —con ese estilo conciso que lo caracterizaba— los postulados o principios teóricos más generales de la dinámica, que según él, “han servido desde los tiempos de Newton de fundamento a la ciencia física y parecían incommovibles”:

- a. El movimiento de un punto material aislado y sustraído a toda fuerza exterior es rectilíneo y uniforme, es el principio de la inercia, sin fuerza no hay aceleración.
- b. La aceleración de un punto móvil tiene la misma dirección que la resultante de todas las fuerzas a la que este punto está sometido, es igual al cociente de esta resultante por un coeficiente llamado masa de un punto móvil. La masa de un punto móvil... es una constante, no depende de la velocidad adquirida por este punto...
- c. Todas las fuerzas que actúan sobre un punto material provienen de la acción de otros puntos materiales...
- d. Si un punto material A, sometido a dos fuerzas permanece inmóvil, estas dos acciones son dos fuerzas iguales y directamente opuestas. Es el principio de igualdad de la acción y de la reacción, o más brevemente, el principio de reacción²³.

Partimos entonces por describir dicho método, ubicado al comienzo mismo de la Mecánica, como *Cinemática*. En efecto, la Mecánica se encontraba subdividida en dos clases de estudio de carácter muy diferente: la *Cinemática* y la *Dinámica*.

La *Cinemática* constituía el estudio metodológico inicial (abstracto-matemático) de las diversas clases de movimientos posibles en un espacio geométrico. Decimos inicial, porque estos movimientos eran descritos independientemente de sus causas y de sus efectos en la variación de los objetos físicos (su masa, por ejemplo), que recién se estudiaban en la *Dinámica*.

23 Poincaré, Henri; *Ciencia y método*. Madrid, 1963, Espasa-Calpe, (3ª ed.), Lib. III, cap. I, pp. 153-154.

La *Cinemática* constituía propiamente el aparato formal de la Física, que al hacer abstracción de las causas y efectos físicos del movimiento de los objetos, comenzaba la descripción de estos postulando el objeto más simple: *un objeto físico* cuya masa y dimensiones son irrelevantes, es decir, carente de estructura. Por ello colocaba en primer lugar el concepto de *punto material*²⁴.

El punto material constituía una abstracción matemática que permitía describir cualquier objeto físico como si careciera de estructura interna y poseyera una simplicidad análoga a la de un átomo. Un planeta puede ser definido como un punto material, si sólo se describe su movimiento de traslación alrededor del sol (sin tomar en cuenta su movimiento de rotación, por ejemplo). También puede ser un punto material una partícula de polvo, tan pequeña como se desee.

El concepto de *punto material* de la Mecánica teórica muestra con toda claridad el método analítico reduccionista expuesto magistralmente por Descartes, donde un cuerpo cualquiera puede dividirse mentalmente en las partes simples que lo componen. La existencia de elementos simples es un postulado lógico fundamental del método analítico²⁵ y de toda ontología atomista correspondiente²⁶.

24 "Como en la Foronomía no debe hablarse de otra cosa que de movimiento, no se atribuirá al sujeto del mismo, esto es, a la materia, ninguna otra propiedad que la movilidad. En consecuencia, la materia misma puede ser válida como un punto... se hace abstracción de toda característica interna y, por tanto, de la magnitud de lo movable; además, ella sólo tiene que ver con el movimiento y con lo que puede ser considerado en éste como magnitud (velocidad y dirección)". Kant, Immanuel; *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza* (1786), Madrid, 1989, Alianza Editorial, p. 45.

25 Ludwig Wittgenstein; *Tractatus Logico-Philosophicus*. Madrid, 1973, Alianza Editorial, Parágrafos 2.02, 2.0201, 2.021, y 3.2, 3.201, 3.202, 3.21 y 3.23. La formulación lógica del atomismo realizada por Ludwig Wittgenstein, es posible que haya sido extraída de Bertrand Russell; *Exposición crítica de la filosofía de Leibniz* (1900), Buenos Aires, 1977, Ed. Siglo XX, Caps. I, IV, VII, VIII, XI y Apéndice, p. 243, 278, 282.

A su vez, Russell extrae el argumento de la necesidad del postulado lógico de la existencia de los elementos simples de Leibniz (ver al respecto, *Monadología*, Madrid, 1986, Ed. Alhambra—ed. bilingüe— p. 27: "... y es necesario que haya sustancias simples, ya que hay compuestos..."). La aplicación más rigurosa de este postulado atomista y de sus consecuencias a un sistema formal, se encuentra al inicio de la clásica obra de Bertrand Russell, *Principia Mathematica*. Allí se dice: "Our system begins with 'atomic propositions'. We accept these as a datum (...) atomic propositions may be defined negatively as propositions containing no parts that are propositions, and not containing the notions 'all' or 'some' (...) Given all true propositions, together with the fact that they are

El punto es la unidad mínima (átomo lógico) cuya trayectoria más simple describe una línea recta. Visto en movimiento, el punto puede ser una partícula de un cuerpo si las dimensiones de éste son mayores, o puede ser todo el cuerpo si sus dimensiones son pequeñas en relación a la distancia recorrida.

Esta premisa de la Mecánica teórica muestra la concepción de una *estructura completamente discontinua de la materia*, la que es

all, every other true propositions can theoretically be deduced by logical methods". Whitehead y Russell: *Principia Mathematica*. Cambridge University Press, 1962 (reprinted), Introduction to de second edition, I, Atomic and molecular propositions, p. XV.

Pero en términos más inmediatos, la aplicación russelliana del postulado atomista al lenguaje formal es una extensión de la tesis de G. Frege sobre el concepto de número expuesta en sus *Fundamentos de la aritmética* de 1884. Aquí Frege critica las nociones empiristas y kantianas de los números como entidades sintéticas obtenidas por abstracción o composición, esto es, como resultado de la adición sucesiva ($1+1$), pues la noción relacional de adición es imposible si no se presupone la noción primitiva de "equivalencia" ($1+1 = 2$). Y la noción relacional de "equivalencia" o "identidad" se deriva del concepto axiomático de "extensión" (de un conjunto), cuya igualdad o desigualdad depende de los elementos simples que lo compongan. De ahí la necesidad primigenia, en el lenguaje matemático, de la postulación inicial de entidades simples e independientes de sus relaciones. "Cada número es un objeto independiente" que se obtiene por necesidad del análisis. Frege, Gottlob; *Fundamentos de la aritmética*. Barcelona, 1972, Laia, pp. 78, 81, 95 y 159.

Los orígenes del formalismo atomista parecen remitirnos en el mundo antiguo a Pitágoras y en el mundo moderno a Descartes y Leibniz. Al comienzo de la presente investigación pensé dedicar un capítulo a la evolución del atomismo lógico moderno, pero en realidad su evolución teórica e histórica no necesariamente coincide con la del atomismo metafísico. Un estudio de tal magnitud desbordaría en mucho los objetivos de este trabajo.

26 "... hay un medio para explicar la causa de todos los cambios que ocurren en el mundo y de todas las transformaciones que se dan en la tierra... La primera cuestión... pensad que cada cuerpo puede dividirse en partes extremadamente pequeñas... (...) entre los cuerpos duros y los líquidos no hallo otra diferencia más que las partes de unos pueden separarse más fácilmente que las de los otros, de modo que, para componer el cuerpo más duro que quepa imaginarse, bastaría con que todas sus partes se tocaran sin quedar espacio entre sí... para componer el cuerpo más líquido que se pueda hallar, basta con que todas sus partículas (*petites parties*) se muevan lo más diversa y rápidamente posible..." R. Descartes; *El mundo. Tratado de la luz*. Madrid, 1989 (ed. bilingüe), Mec-Anthropos, pp. 63 y 65. Ver también cómo el mismo método explicativo es usado por Descartes al explicar el fenómeno del calor como resultado del frotamiento o rozamiento de las partículas conforme aumenta su velocidad (*Ibid.*, p. 59).

vista como un conjunto de corpúsculos o átomos elementales separados por un espacio vacío²⁷.

De este postulado lógico fundamental de la Mecánica moderna se sigue a su vez el primer principio físico de la *dinámica* de los cuerpos materiales: el *principio de inercia*. Según dicho principio, un punto material que no está sometido a la presión de ninguna fuerza externa posee –intrínseca o espontáneamente– un movimiento uniforme y rectilíneo en el transcurso del tiempo. Dicho movimiento puede ser descrito geoméricamente en torno a un sistema de referencia con un solo eje, y a una sucesión continua en una línea recta. El principio de inercia se suele definir en torno al movimiento (uniforme y rectilíneo) y no al reposo, en la medida en que este último puede ser tomado como equivalente a un caso particular de velocidad nula.

Este postulado también puede ser definido geoméricamente en relación a un espacio tridimensional, que se representa como un conjunto de tres ejes de coordenadas (x , y , z) perpendiculares entre sí, “que sirve para indicar la posición de la partícula en el espacio, junto con un reloj adscrito a dicho sistema, que sirve para indicar el tiempo”²⁸.

Estos sistemas de referencia que permiten describir el movimiento de un cuerpo físico en un “espacio de tres dimensiones”, constituyen los llamados sistemas de coordenadas galileanas o cartesianas. A partir de ellos es posible pasar de un movimiento recti-

27 Cf. L. Landau y E. Lipshitz; *Curso abreviado de física teórica*. Moscú, 1979, Mir, (segunda edición), tomo I, p. 11. También ver Louis de Broglie; *La física nueva y los cuantos*. Buenos Aires, 1947, Losada, p. 20: “... la mecánica clásica comienza por el caso más sencillo, es decir por el de un objeto físico dotado de masa y de dimensiones despreciables. Esta imagen esquemática de un grano elemental de materia, que la mecánica racional coloca así al principio de la exposición de las leyes de la dinámica, está completamente de acuerdo con la concepción de una estructura discontinua de la materia...”. Igual punto de partida es establecido por Ludwig Boltzmann; “Sobre los principios de la mecánica” (1903), en *Escritos de mecánica y termodinámica*, *op. cit.*, p. 185: “La física mecanicista había imaginado todos los cuerpos como agregados de puntos materiales que actuaban directamente unos sobre otros.”

28 L. Landau y E. Lipshitz; *Curso abreviado de física teórica*, *op. cit.*, tomo I, p. 16.

líneo a movimientos curvos en dicho espacio, mediante el uso de vectores que indiquen la variación del movimiento rectilíneo inicial.

Con ello el sistema tridimensional de coordenadas cartesianas permite describir con toda precisión la posición, trayectoria, velocidad y aceleración de un objeto físico cualquiera en relación a otro objeto físico al que privilegiamos como sistema de referencia, suponiendo que está en movimiento inerte en relación a nuestro sistema de coordenadas. Todo movimiento de un punto material será así la descripción de un movimiento relativo al sistema de referencia inercial que privilegiamos.

Observemos cómo en la medida que el movimiento inerte (uniforme y rectilíneo) de un cuerpo viene definido por la no existencia de alguna fuerza externa que lo modifique, se supone la existencia metafísica de un “espacio vacío”, esto es, una entidad independiente de los cuerpos y fuerzas físicas existentes.

Esta hipótesis atomista de la Mecánica moderna es metafísicamente esencial para comprender el punto de ruptura ontológico con la física aristotélica, la cual atribuía a la naturaleza “horror al vacío”.

Ahora, el movimiento inercial en el vacío representa el caso límite de explicación causal. No debe entenderse que el cuerpo se mueve *a causa* de la inercia. Por el contrario, para que el cuerpo conserve su estado de movimiento uniforme y rectilíneo *no se requiere causa alguna* (la acción externa de otro cuerpo). “La inercia de un cuerpo *no es pues la causa externa de su movimiento sino una de sus propiedades intrínsecas*”²⁹. Obsérvese que ello conlleva la idea de un universo causalmente cerrado³⁰.

Con el movimiento inercial encontramos un límite a la cadena de causas materiales del movimiento impidiendo que ésta se extienda *ad*

29 Cf. Serguei Pavlovich Strelkov; *Mecánica*. Moscú, 1978, Mir, p. 64. El subrayado es nuestro.

30 “Los hombres del siglo diecisiete se convencieron de que el mundo físico estaba causalmente cerrado. La mejor forma de expresar la clausura causal del mundo es con los términos de la física newtoniana: ningún cuerpo se mueve excepto como resultado de la acción de alguna fuerza”. Putnam, Hilary; *Razón, verdad e historia*. Madrid, 1988, Tecnos, p. 83.

infinitum. Eliminamos así la necesidad de una *primera causa* o *primer motor inmóvil* de naturaleza inmaterial, como exigía Aristóteles, para detener la cadena infinita de causas materiales.

Como consecuencia de esta propiedad intrínseca de la materia y el espacio, tenemos un universo material que se explica en sí mismo, un “sistema del mundo” físico totalmente cerrado y, en apariencia, tenemos una teoría física independiente que no necesita ningún fundamento metafísico.

En efecto, el carácter intrínseco atribuido a la propiedad inercial de un cuerpo no constituye una “cualidad oculta” o una “entelequia”, sino una cantidad ponderable, idéntica a la masa de un cuerpo (masa inercial), esto es, a su resistencia a todo cambio por acción de una fuerza externa.

No obstante, la existencia inobservable del *espacio vacío* constituye una postulación ontológica de la que se sigue la también inobservable suposición de la independencia absoluta del *espacio* y el *tiempo* con respecto a los cuerpos materiales. Espacio y tiempo eran concebidos como una especie de “gran receptáculo” vacío, en el cual acaecían los “hechos” y se encontraban los “objetos” observables del mundo físico.

Sobre el trasfondo metafísico inobservable del espacio y el tiempo absolutos era factible construir infinidad de sistemas de referencia locales que podían tomarse como inertes en forma *relativa*, según las necesidades de las mediciones. Así, el movimiento de un barco en navegación puede ser descrito tomando como sistema de referencia inercial la costa, pero en la medida en que la tierra se mueve alrededor del sol, puede también tomarse como sistema de referencia para medir el movimiento de un barco, el propio sol, y así indefinidamente.

En tal sentido, existe una relatividad en los puntos de referencia espaciales que permite pasar de un sistema de referencia a otro si sumamos las velocidades, añadiendo a la velocidad del barco la de la tierra al pasar al sistema de referencia solar. Dicho proceso viene definido por el *Principio de relatividad de Galileo* y por el *Teorema de la suma de velocidades*.

En consecuencia, se supone una *equivalencia entre los diversos sistemas de coordenadas* (las distancias entre dos puntos son las mis-

mas en cualquier sistema), que se deriva del postulado de que el espacio físico es homogéneo porque tiene una estructura *absoluta*, independiente de los cuerpos materiales.

La medida del tiempo es también la misma para todos los sistemas de referencia. Esto se muestra en el hecho de que *las velocidades pueden ser sumadas o restadas en el paso de un sistema de referencia a otro*, permitiendo establecer la *equivalencia* o *simultaneidad* de dos sucesos en dos sistemas de referencia distintos. Esto es, se supone una estructura absoluta del tiempo, independiente de los hechos.

El caso más sencillo descrito por el principio inercial es el del *movimiento libre de un punto* respecto a un sistema inercial de referencia. A partir de este caso es posible también definir un sistema cerrado de puntos que interaccionan o chocan entre sí (cuando sobre un cuerpo actúa más de una fuerza, la fuerza resultante puede calcularse mediante la ley del paralelogramo) al que sólo es necesario añadir una función determinada de las coordenadas llamada energía potencial, y la suma, llamada energía cinética.

A partir de estos elementos es posible construir la segunda ley del movimiento de Newton, la cual constituye la base de una explicación general del cambio como variación del estado inercial primitivo, resultado de una simple *composición* o “suma de movimientos”. La variación de la cantidad de movimiento de un cuerpo es proporcional a la fuerza que se le imprime *en la misma dirección*, y esto se obtiene multiplicando la masa por la velocidad de un cuerpo ($K = m \times v$)³¹. De esta manera, el cambio es desprovisto de toda finalidad teleológica externa al cuerpo mismo.

Estos elementos también permiten construir una explicación del origen o causa de la interacción entre dos cuerpos, independiente de todo teleologismo, en la tercera ley del movimiento a toda acción de un cuerpo sobre otro corresponde una reacción igual y en sentido

31 Strelkov; *Mecánica*, op. cit., p. 70. Newton enuncio la segunda ley de la dinámica en una forma más general y diferente a la expuesta: “el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa, y se hace en la dirección de la línea recta en la que se imprime esa fuerza”. Isaac Newton; *Principios matemáticos de...*, op. cit., p. 237.

contrario dada por su masa inercial o “resistencia al cambio”. Contra la ontología aristotélico-tomista, toda direccionalidad se torna relativa, y los términos *acción* y *reacción* resultan convencionales.

Las ecuaciones de un sistema cerrado de puntos en movimientos que interactúan entre sí, revelaron a su vez varias propiedades lógicamente importantes. Una de ellas es la existencia de ciertas magnitudes que conservan constante su valor durante el movimiento y que dependen únicamente de las condiciones iniciales. A estas funciones se les llama *integrales del movimiento*³². Más tarde volveremos sobre sus implicancias.

Un sistema cerrado de interacciones permite describir desde un cuerpo sólido hasta el conjunto del universo, en la medida que las propiedades de constancia de sus valores durante el movimiento permiten derivar las leyes universales de *conservación de energía* y el *impulso*. En un comienzo su constancia se atribuyó físicamente a la estructura homogénea e invariable del espacio y el tiempo absolutos.

Las leyes de conservación de la materia se pueden representar también en la forma de una suma de energía cinética (que depende de las velocidades) y de la energía potencial (que sólo depende de las coordenadas de los puntos), denominándoseles como *energía del sistema*, es decir, presentándola no como un principio metafísico externo, sino como una simple ley derivada de su estructura formal³³.

32 L. Landau y E. Lipshitz; *Curso abreviado de...*, op. cit., tomo I, p. 25.

33 No obstante la justificación formal, es evidente que, históricamente, los principios de conservación tuvieron un origen metafísico, característico de la cultura occidental. En dichos principios coincidieron formalmente los atomistas, con su irreconciliable adversario eleático Parménides de Elea. En su *Carta a Herodoto* (reproducida por Diógenes Laercio, Libro X, *Vida de Epicuro*, prgs. 38-39), Epicuro enuncia sus tres principios de la física: “Lo primero que es necesario aclarar es que nada nace del no-ser... En segundo lugar, se debe saber que si las cosas que se corrompen se convierten en no-ser, éstas tendrían misterio, ya que en lo que se transformarían sería en no-ser. Añadamos, como consecuencia de estos dos principios, que el universo ha existido siempre y siempre será lo que es. No hay nada, en efecto, que pueda cambiar, ni nada fuera de él que pueda actuar sobre él para hacerle cambiar”. Diógenes Laercio; *Vidas, opiniones y sentencias de los filósofos más ilustres*. Buenos Aires, 1959, El Ateneo. El enunciado que hace Lucrecio del

A partir de las leyes de la conservación de la impulsión y la energía es posible describir y determinar con precisión los distintos tipos posibles de movimiento o interacciones causales entre puntos materiales: a) el movimiento lineal (es decir el inercial con un solo grado de libertad); b) el movimiento por choque y dispersión de partículas; y c) el movimiento por oscilaciones pequeñas de un medio (aquel que efectúa un cuerpo en las proximidades de su posición de equilibrio estable).

En fin, la dinámica de los puntos materiales constituye el punto de partida para construir una imagen autosuficiente del mundo físico como un todo, de una rigurosa estructura corpuscular y discontinua.

Todos los fenómenos del mundo físico pueden explicarse como resultado de la extensión universal de las interacciones de estos puntos materiales en movimiento. Este es precisamente el punto en que la mecánica moderna deviene en paradigmática, y es en tal pretensión que confluye con el atomismo filosófico³⁴.

Si queremos explicar el comportamiento de los tres estados básicos de la materia, los diferentes cuerpos *pueden considerarse como*

primer principio es aún más explícito en sus referencias antiteológicas: "... jamás cosa alguna se engendró de la nada, por obra divina". Lucrecio, *Dererum Natura*, op. cit., vol. I., vers. 146-158. Cf. Paul Nizan; *Los materialistas de...*, op. cit., pp. 61-62. Ver también, la edición castellana de Agustín García Calvo de la obra de Lucrecio, *De la naturaleza de las cosas*. Madrid, 1983, Ed. Cátedra: "Por un principio suyo empezaremos:/ ninguna cosa nace de la nada:/ no puede hacerlo la divina esencia:/ aunque reprime a todos los mortales/ el miedo de manera que se inclinan/ a creer producida por los dioses/ muchas cosas del cielo y de la tierra,/ por no llegar a comprender sus causas./ Por lo que cuando hubiéramos probado/ que de la nada nada puede hacerse,/ entonces quedaremos convencidos/ del origen que tiene cada cosa:/ y sin la ayuda de los inmortales/ de qué modo los seres son formados".

34 "El objetivo fundamental de las ideas de Newton acerca de la materia se fundaba en la esperanza de derivar 'el resto de los fenómenos de la naturaleza con el mismo tipo de razonamiento, a partir de los principios mecánicos' que habían operado en la deducción de 'los movimientos de los planetas, cometas, luna y mar'. Como decía en el prefacio (1686) a la primera edición de los *Principia*, estaba convencido de que todos esos fenómenos 'pueden depender de ciertas fuerzas mediante las cuales las partículas de los cuerpos... o bien se ven impelidas (atraídas) mutuamente unas hacia otras, de manera que se unan en figuras regulares' o bien 'se repelan y se aparten unas de otras...' Dicho brevemente, Newton quería de este modo que la naturaleza fuese 'en extremo simple y conforme consigo misma'". Cohen, I.B.; *La revolución newtoniana y...*, op. cit., p. 28.

*formados por puntos materiales*³⁵. El sólido puede ser descrito como un conjunto discreto de puntos materiales que tienen entre sí distancias invariables. Un sistema de puntos puede servir para describir también las trayectorias diversas de un cuerpo sólido, a partir de su movimiento inercial uniforme y rectilíneo.

Cuando una fuerza externa modifica su velocidad y dirección por choque o resistencia (rozamiento) de un "medio", se produce una trayectoria curvada. Tal es el caso más común en la experiencia cotidiana.

Estas trayectorias pueden ser explicadas por la mecánica a partir del movimiento rectilíneo. Si tomamos un punto cualquiera de una curva, éste es igual a un punto de una recta. La tangente de una curva no es otra cosa que la prolongación rectilínea de dicho punto con lo cual, en un momento dado, la velocidad de ambas trayectorias resulta equivalente. Aparece entonces la figura del *vector velocidad*: la suma de los vectores permite describir cualquier movimiento curvado de un sólido puntual.

Absolutamente distinta parece ser la naturaleza de un gas. Dada la gran variabilidad e irregularidad su forma y movimiento aparecen como imponderables. Sin embargo, para la Mecánica un gas puede también ser descrito como una enorme congregación de puntos materiales que no mantienen distancias invariables entre sí.

Esto puede ser explicado como producto de las interacciones de choque y dispersión de sus puntos materiales. Ellos producen el aumento de la llamada energía cinética (cuya manifestación sensible es lo que denominamos *calor*). La Mecánica postula entonces la existencia de una energía cinética media que se puede derivar estadísticamente de las interacciones del conjunto de sus partículas, lo que permitirá explicar y calcular las variaciones de su estructura y movimiento.

35 "... Los diferentes estados de la materia (sólido, líquido y gaseoso) se pueden comprender en función de las diferentes clases de interacción entre las moléculas o grupos de átomos que los constituyen". M.J. Pentz, The Open University; *Los estados de la materia* (Unidad 5). Columbia, 1974, Ed. Mc Graw Hill, p. 7.

Una materia gaseosa puede *licuarse* por un descenso de su temperatura, operándose una transformación *cualitativa* de un estado gaseoso a un estado líquido. Esto puede ser explicado cuantitativamente como un producto de la disminución de la energía cinética media de las interacciones de sus puntos, lo que permite describir también las leyes que rigen la estructura y movimiento de los cuerpos líquidos a partir de la variación de la energía cinética.

La introducción del concepto de *energía cinética media* abrió a su vez la posibilidad de construir un nuevo continente teórico a la física mecánica. Al hablar de los líquidos y gases en términos de energía cinética, inmediatamente se asoció el concepto de *calor*. Al estudiar cinemáticamente las interacciones de partículas se hizo en el entendido de que éstas se realizan en el vacío. No obstante, en la experiencia cotidiana el movimiento e interacción de los cuerpos se produce siempre en un *medio* (el aire, por ejemplo).

Cuando esto es así, es evidente que las interacciones entre los cuerpos no sólo producen un cambio en la trayectoria, sino también una fricción con el *medio*, produciendo lo que conocemos como *calor*. Esta es una observación muy antigua. De hecho, el hombre primitivo ya tenía conocimiento de este fenómeno, creaba fuego y calor por frotamiento.

En estas condiciones, el movimiento ya no es un proceso puramente cinemático, pues si se toma en cuenta esta fricción aparece un fenómeno cualitativo: el calor. ¿Cómo explicar esto en términos mecánico-cuantitativos? Gracias al concepto de energía cinética, la Mecánica encontró el recurso para *reducir los fenómenos térmicos cualitativos a conceptos y métodos mecánico-cuantitativos*.

El calor dejó de ser una misteriosa entelequia cualitativa : “*el calórico*”. Entelequia en el sentido de que era físicamente inubicable, pues a primera vista un cuerpo caliente pesa igual que estando frío. Al explicar la variación térmica de un cuerpo material en términos de suma de energía cinética y energía potencial, suma que es igual a la masa de un cuerpo (constante e invariable en el movimiento), la Mecánica moderna redujo los fenómenos térmicos a los mismos términos metodológicos de las otras leyes físicas, es decir, a una mera interacción simple y directa entre puntos materiales.

De hecho, tal es el “modelo formal de ley” establecido por la gravitación de Newton y luego extendido a todos los fenómenos naturales. Así fue como Joule estableció la Ley de transformación de la energía eléctrica en energía calorífica. De acuerdo con la misma relación sencilla, la cantidad de calor producida en un conductor al paso de la corriente eléctrica es directamente proporcional a la resistencia del mismo conductor e inversa al cuadrado de la intensidad y tiempo de duración de la corriente inducida.

Este modelo de relación formal constituye una característica esencial del método mecánico: “la mecánica clásica sugiere la conjetura... (de) que todos los fenómenos pueden explicarse por la acción de fuerzas de atracción o de repulsión, la cual depende únicamente de la distancia y obra entre partículas invariables”³⁶.

De idéntico modo el notable físico francés Charles Agustin Coulomb estableció una reducción similar para explicar las interacciones eléctricas respecto a la distancia entre dos cuerpos cargados de electricidad. Al igual que con el calor, se procedió a reducir los fenómenos eléctricos a la energía mecánica mediante los conceptos análogos de *carga eléctrica* (energía cinética) y potencial eléctrico (energía potencial).

Finalmente, al igual que la gravitación, el calor y la electricidad, el método mecánico se extendió también al magnetismo; fenómeno que se redujo a la interacción entre dos polos magnéticos.

En conclusión, la característica esencial que revela el método mecánico tanto en la estructura matemático-formal de sus ecuaciones como en el compromiso ontológico de su interpretación física de los fenómenos naturales, consiste en reducir los fenómenos dinámicos a interacciones directas entre cuerpos o puntos materiales (por choque, rozamiento u oscilación de un medio), y considerar a toda dinámica o interacción física no corporal (carente de masa) como un mero epifenómeno o una abstracción arbitraria (de tipo vectorial).

36 Albert Einstein y L. Infeld; *La física, aventura del pensamiento (El desarrollo de la ideas desde los primeros conceptos hasta la relatividad y los cuantos)*. Buenos Aires, 1945. Losada S.A., 3ra. edición, p. 81.

La cinemática moderna nos sugiere entonces una imagen o representación ontológica del mundo material que puede resumirse en los siguientes aspectos:

1. El mundo material es representado, en última instancia, como concentrado en “*puntos*” o átomos *discontinuos de materia*, delimitados rígidamente por un *espacio vacío* (ausente de materia), que es definido como una relación de distancia existente entre los puntos. “Esta imagen esquemática de un grano elemental de materia, que la mecánica racional coloca así al principio de la exposición de las leyes de la dinámica, está completamente de acuerdo con la concepción de una estructura discontinua de la materia”³⁷.
2. Como consecuencia de la imagen anterior, *el espacio resulta ontológicamente una entidad substancialmente independiente de la materia*, en la medida en que puede estar absolutamente vacío³⁸. En tal sentido, *es un espacio absoluto, invariante y rígido*, que funciona como un inmenso receptáculo de los cuerpos materiales³⁹. En tanto que resulta completamente homogéneo, la medida de la distancia entre dos puntos será igualmente invariable en cualquier sistema de coordenadas, lo que muestra precisamente el Principio de Relatividad de Galileo, y el teorema de la suma de velocidades.

37 Louis De Broglie; *La física nueva y...*, op. cit., p. 20.

38 “El espacio absoluto, tomado en su naturaleza, sin relación a nada externo, permanece siempre similar e inmóvil”. Isaac Newton; *Principios matemáticos...*, op. cit., Definiciones, Escolio, p. 229. Para Newton, el espacio relativo es sólo una “medida móvil del anterior” (*Ibid.*).

39 “El espacio constituye el escenario fijo donde las cosas representan su comedia. Los objetos físicos existen en el espacio, que no es, a su vez, un objeto físico... El continente existe por sí mismo (es absoluto); por tanto, continuaría existiendo aunque todas las cosas que contiene modificaran radicalmente su especie o desaparecieran por decreto divino... Esta concepción es sugerida por el atomismo griego... la doctrina es filosóficamente insatisfactoria porque no especifica la naturaleza del espacio-tiempo (no es objeto físico ni idea pura)... Para cualquier ontología es particularmente inaceptable que haya lugar para objetos que no sean cosas ni propiedades de cosas (por ejemplo, relaciones entre ellas ni, por último, constructos.” Mario Bunge; *Controversias en física*, op. cit., pp. 64-65.

3. En la misma medida, el tiempo es también substancialmente independiente de la materia e invariante en su transcurrir⁴⁰. Un intervalo de tiempo puede estar ocupado por un suceso material o puede estar “vacío”, dado que un intervalo de tiempo corresponde siempre a un intervalo espacial⁴¹.

En conclusión, para la ontología con la cual se haya comprometida la representación física moderna “todas las cosas están situadas en el tiempo según el orden de sucesión y en el espacio según el orden de situación”⁴².

Así mismo, en completo acuerdo con esta representación ontológica atomista de la realidad, se encuentra el método analítico reduccionista mediante el cual se construyeron todos los procedimientos que conforman la Física matemática. Fue nuevamente el gran filósofo matemático y físico francés, Henri Poincaré, quien en su *Science et l'hypothese* (1902) sintetizó dicha metodología analítica en tres procedimientos básicos de reducción o simplificación de la experiencia:

...primero, en el tiempo. En vez de abarcar en conjunto el desarrollo progresivo de un fenómeno, se busca simplemente ligar cada instante

40 “El tiempo absoluto, verdadero y matemático, en sí, y por su propia naturaleza sin relación a nada externo fluye uniformemente...” Isaac Newton; *Principios matemáticos...*, op. cit., p. 228. Para Newton, el ‘tiempo relativo’ no es sino una “medida sensible” del tiempo absoluto”. *Ibid.*

41 Marx W. Wartofsky ha resumido de una manera sumamente clara esta imagen mecánica del mundo, en los siguientes términos: “... el espacio y el tiempo clásicos están constituidos por lugares y duraciones discretas, un cuerpo no puede estar en dos lugares al mismo tiempo, ni dos cuerpos ocupar el mismo lugar al mismo tiempo; y, por tanto, concebimos todo cuerpo como ‘impenetrable’, esto es, como una materia infinitamente densa a través de la cual no puede pasar nada y que, en consecuencia, excluye todo otro cuerpo de su lugar en un tiempo dado cualquiera. Tenemos así un modelo formado por partículas atómicas duras, ya estén en reposo... ya se muevan atravesando posiciones puntuales sucesivas en instantes sucesivos... y su rasgo principal será la existencia de lugares y tiempos independientes de toda ocupación contingente por parte de un cuerpo”. Marx W. Wartofsky; *Introducción a la filosofía de la ciencia*. Madrid, 1973, Alianza Editorial S.A., tomo II, pp. 426-7.

42 Isaac Newton; *Principios matemáticos...*, op. cit., pp. 230-231.

al instante inmediato anterior; se admite que el estado actual del mundo sólo depende del pasado más próximo, sin ser directamente influido, para así decirlo, por el recuerdo de un pasado lejano. Gracias a este *postulado*, en lugar de estudiar directamente toda la sucesión de fenómenos, se puede limitar a establecer su “ecuación diferencial”...

En segundo lugar, se trata de descomponer el fenómeno en el espacio... es necesario procurar distinguir el fenómeno elemental que estará... localizado en una región muy pequeña del espacio (...). Si se quisiera estudiar en toda su complejidad la distribución de la temperatura en un sólido que se enfría... todo se vuelve simple si se piensa que un punto del sólido no puede ceder directamente calor a un punto alejado; no lo cederá inmediatamente sino a los puntos más próximos... El fenómeno elemental, es el cambio de calor entre dos puntos contiguos; está estrictamente localizado y es relativamente simple (...) se admite que no hay acción a distancia, o por lo menos a gran distancia. Esta es una hipótesis; no es siempre verdadera, la ley de gravitación nos lo prueba.

...hay todavía otro medio para llegar al fenómeno elemental. Si varios cuerpos actúan simultáneamente, puede ocurrir que sus acciones sean independientes y se sumen simplemente unas a otras, ya sea como vectores o como cantidades escalares. El fenómeno elemental es entonces la acción de un cuerpo aislado... El movimiento observado estará entonces descompuesto en movimientos simples...

El conocimiento del hecho elemental nos permite colocar el problema en ecuaciones; no queda más que deducir por combinación el hecho complejo observable y verificable. Es lo que se llama la integración; este es el trabajo del matemático⁴³.

Luego de sintetizar los cuatro postulados y los tres procedimientos fundamentales de la Física moderna, Poincaré concluía a comienzos de nuestro siglo con una agudísima observación crítica que pronosticaba las inmensas transformaciones epistemológicas que se ave-

43 Poincaré, Henri; *Filosofía de la ciencia*, op. cit., pp. 13-18.

cinaban sobre nuestro concepto moderno de cientificidad: "En las ciencias naturales actuales no se encuentran ya esas condiciones: homogeneidad, independencia relativa de las partes alejadas, simplicidad del hecho elemental, y por eso los naturalistas estarán obligados a recurrir a otras maneras de generalización"⁴⁴. ¿Cómo así se produjo la necesidad de este cambio de paradigma?

44 *Ibid.*

II

El atomismo filosófico: La paradoja del vacío

"... en verdad sólo existen los átomos y el vacío"

DEMÓCRITO

"Casi toda nuestra cultura es de origen griego. El conocimiento absoluto de estos orígenes es requisito imprescindible para liberarnos de su excesivo influjo... Toda nuestra manera de pensar, las categorías abstractas... las formas lingüísticas... todo esto, en no poca medida, es producto artificial y, sobre todo, obra de los grandes pensadores de la Antigüedad. Si no queremos tomar el resultado por un origen y lo artificial por lo natural, hemos de esforzarnos por conocer cabalmente ese proceso de devenir"

THEODOR GOMPERZ

EN LOS SIGLOS XVI-XVIII el atomismo no era, por supuesto, una tesis filosófica novísima ni específicamente moderna. En la Antigüedad clásica había sido sostenida primero por los pitagóricos —y en cierto modo por Platón en el *Timeo*⁴⁵ en el marco de una interpretación geométrica del mundo. Luego, Leucipo y Demócrito realizaron una suerte de reformulación fisicalista del mismo. Finalmente, Epicuro introdujo algunas variables gnoseológicas importantes, pero no cambió básicamente su ontología. La teoría de Epicuro fue expuesta por Lucrecio en su poema

45 Si bien Diógenes Laercio acusa a Platón de haber comprado un libro escrito por el pitagórico Filolao de Crotona, "y que de este libro copió su *Timeo*" (Diógenes Laercio, *Vidas, opiniones y ... op. cit.*, p. 469) es probablemente más cierta la apreciación de Pierre Maxime Schuhl, de que "... así como en las obras del gran período precedente había realizado una síntesis de la doctrina de los eleatas y de la de Heráclito... en esta... edifica una vasta síntesis, donde integra con sus ideas finalistas los conceptos emitidos por los físicos anteriores, jónicos, atomistas o pitagóricos, sin olvidar a los médicos..." Pierre Maxime Schuhl; *La obra de Platón*. Buenos Aires, 1956, Ed. Hachette, p. 166.

De rerum natura y en cierto modo –según Crombie– fue también desarrollada por algunos físicos medievales del siglo XIII como Groseteste, Gil de Roma y Nicolás de Autrecourt⁴⁶.

El atomismo fue una corriente filosófica significativa pero minoritaria en el mundo clásico⁴⁷. Su ontología igualitarista y su convencionalismo radical tenían posiblemente consecuencias políticas excesivas para una sociedad rígida y jerárquicamente estructurada con base en clanes y familias como la griega. No sólo se trataba de adversidades políticas, pues incluso durante el período de auge democrático de Pericles nunca alcanzó una popularidad análoga a la de la corriente filosófica sofística, igualmente representativa del movimiento político democrático ateniense. Había fuertes razones teóricas que dificultaron su hegemonía cultural.

Si bien como corriente filosófica fisicalista el atomismo representó un inmenso avance conceptual en relación a las primeras corrientes fisicalistas milesias, al postular un “elemento” o “principio material” (el átomo) que no era de carácter sensible-cualitativo, sino abstracto y cuantitativo –teóricamente más consistente que los sugeridos por los primeros físicos (Tales, Anaximandro, Anaxímenes)– para hacer frente a los implacables ataques lógicos y ontológicos de Parménides y Zenón de Elea contra el pluralismo cualitativo del fisicalismo⁴⁸, no obstante, no dejó de presentar serias aporías.

46 “Epicuro hizo dos cambios en la teoría de Demócrito... primero, que los átomos caían perpendicularmente en el espacio vacío debido a su peso y, segundo, que las interacciones entre ellos que producían la formación de los cuerpos tenía lugar como un resultado de ‘desvíos’ que se producían por azar y provocaban colisiones... los cuerpos de cualquier peso caerían en el vacío a la misma velocidad...” Cf. A.C. Crombie; *Historia de la ciencia: de San Agustín a Galileo*. Madrid, 1988, Alianza Universidad, tomo II, p. 42.

47 Koyré cree –siguiendo a Kraus– que la fama del *Timeo* se extendió al oriente e “inspiró una buena parte de la alquimia árabe”, particularmente “la doctrina de la transformación de los metales de Yabir... fundada toda ella en el atomismo matemático del *Timeo*.” Alexandre Koyré, *Estudios de historia...*, op. cit., p. 23. Por su parte Crombie afirma que “el atomismo no fue considerado favorablemente en la Antigüedad”. A. C. Crombie; *Historia de la ciencia...* op. cit., tomo II, p. 43.

48 George Thomson; *Los primeros filósofos*. México, 1988, UNAM, pp. 377 y ss. Ver también los ataques de Lucrecio al fisicalismo milesio, en Paul Nizan; *Los materialistas*

De hecho, el atomismo filosófico de los antiguos se vio obligado a sucesivas modificaciones teóricas desde los pitagóricos hasta Epicuro, como producto de las profundas contradicciones que dicho sistema filosófico revelaba en el terreno gnoseológico y ontológico.

El carácter aporético del primer atomismo pitagórico derivó de su identificación de la unidad con el punto geométrico, y de éste, con la forma atómica elemental de todo lo existente.

Esta definición de la unidad atómica a partir de su dimensión geométrica resultó totalmente paradójica y absurda, como lo mostraron respectivamente el célebre teorema de Pitágoras⁴⁹ y luego las legendarias aporías de Zenón de Elea⁵⁰. Cualquier dimensión, por mínima que se suponga, es siempre divisible *ad infinitum*. El atomismo geométrico resultaba, pues, contradictorio con la experiencia sensible y absurdo por la vía inteligible.

Para salvar dicha aporía, Leucipo y Demócrito reformularon la ontología atomista, dándole su forma fisicalista clásica. En lugar de definir el átomo por su dimensión geométrica como los pitagóricos, lo hicieron a partir de una propiedad física teóricamente evidente para todos los cuerpos sensibles: su impenetrabilidad⁵¹.

de..., pp. 66-67. A diferencia del fisicalismo milesio, la doctrina de la subjetividad de las cualidades sensoriales cambiantes permitió al atomismo postular la existencia de estructuras cuantitativas invariantes del mundo físico, teóricamente inmunes a las aporías atribuidas por los eleáticos a todo materialismo. Este fue precisamente el punto de partida que el atomismo moderno va a tomar del atomismo clásico: "a Locke le debemos la distinción clásica entre cualidades 'secundarias' y 'primarias'; las primarias son las propiedades espacio-temporales de los cuerpos —extensión, forma y movimiento. Demócrito, Descartes y Locke sostenían que eran objetivas... En la física de Galileo, Newton y Huygens... todos los eventos del universo se construyen como movimientos de partículas intuitivamente concebidos en el espacio intuitivo. Por lo tanto, se necesita un espacio euclidiano absoluto como base para trazar las órbitas del movimiento." Hermann Weyl; *Filosofía de las matemáticas y de la ciencia natural*. México, 1965, UNAM, Segunda Parte, cap. I, pp. 125-126.

49 Benjamin Farrington; *Ciencia griega*. Buenos Aires, 1957, Ed. Hachette, cap. III, p. 59. Ver también A.C. Crombie; *Historia de la ciencia...*, op. cit., tomo I, p. 40.

50 Sexto Emp., Adv. Math. VII, 135. Demócrito, fr. 9. Cf. G.S. Kirk y J.E. Raven; *Los filósofos presocráticos*. Madrid, 1981, Gredos, pp. 400-416.

51 G.S. Kirk y J.E. Raven; *Los presocráticos*, op. cit., pp. 566 y 567.

Del hecho de que dos cuerpos no pueden ocupar un mismo lugar, se sigue que deben existir *unidades mínimas absolutamente densas y simples*, indivisibles e inmutables⁵². En consecuencia, ontológicamente sólo es posible la existencia de átomos y vacío⁵³.

Inversamente, para los atomistas el conocimiento consiste en la reducción analítica de las entidades complejas y cualitativas de la experiencia sensible, en sus elementos simples constitutivos, puramente cuantitativos, camino inverso al del ser, que se va formando a partir de la unión o combinación de los átomos que son la fuente de los cambios, y de la pluralidad de lo existente, en razón del número, orden o figuras con que los átomos forman los cuerpos de nuestra experiencia sensible⁵⁴.

Heráclito y Parménides, el mundo sensible y el mundo inteligible, el cambio y la inmutabilidad, el azar y la necesidad, el ser y el no ser, la unidad y la pluralidad del mundo, quedaban coherentemente conjugados en la concepción atomista.

A primera vista se trataba de un sistema metafísico libre de antinomias. Una sola duda quedaba en pie: ¿cuál era el origen necesario del movimiento de los átomos? ¿el azar o una causa distinta?⁵⁵.

52 Lucrecio definió los átomos como "sólidos y simples" en el Libro I, versos 599-614 de su *Rerum natura*, reproducido en Paul Nizan, *op. cit.*, p. 72. Epicuro, en su *Carta a Herodoto* (40-41) argumenta la necesidad de la existencia de partículas elementales indivisibles e inmutables; de lo contrario emergería la paradoja de que las cosas materiales se transformen por división continua en no-ser. Tenía que haber, por tanto, un límite (pp. 67-71). Por ello, Epicuro ataca también el concepto de *continuo* (pp. 68-69). Para Epicuro la infinitud no es una propiedad de las partes, es decir, de la materia o del vacío, sino del conjunto del universo (pp. 78-79). Ver también la edición castellana *De la naturaleza de las cosas*, de Lucrecio, *op. cit.*, pp. 113-115: "la división de la materia tiene límites invariables y precisos" (prgf. 560). El argumento que utiliza Lucrecio a favor del atomismo, es de carácter lógico (el absurdo del infinito actual), pues si fuera posible la división infinita de un cuerpo por mitades: "¿Qué diferencia habrá de un cuerpo grande al cuerpo más pequeño?... es preciso... que con los simples corpúsculos terminan la división y solidez eterna". (prgf. 620). Se trataba de una evidente réplica a la tesis de la divisibilidad infinita de la materia sostenida por Anaxágoras, los Estoicos y los Académicos: "la extremidad del átomo, es un punto tan pequeño, que escapa a los sentidos; debe sin duda carecer de partes" (prgf. 600).

53 Lucrecio; *De rerum natura*, Libro I, 419-448, en Paul Nizan; *Los materialistas de...*, *op. cit.*, p. 66.

54 G.S. Kirk y J.E. Raven; *Los presocráticos*, *op. cit.*, pp. 581 y 582.

55 *Ibid.*, pp. 572-581.

El Platón maduro hizo graves reparos gnoseológicos al atomismo. Hacia el final del *Teeteto*⁵⁶ mostró el carácter intrínsecamente aporético del método analítico en el que se basa la teoría del conocimiento del atomismo al identificar el conocimiento exclusivamente con el análisis; esto es, con la reducción conceptual de los entes complejos a sus elementos simples.

Según Platón, como método filosófico el análisis significa postular la existencia necesaria de elementos en última instancia inanalizables (dada su simplicidad), si no se quiere caer en el absurdo *ad infinitum*. Se trata, por tanto de elementos incognoscibles. Pero si esto es así, de ello se sigue que todo el edificio de nuestros “conocimientos” se basa en “no conocimientos”, lo cual resulta contradictorio.

En su *Metafísica*, Aristóteles realizó también graves reparos ontológicos al atomismo⁵⁷. “Aristóteles negó la posibilidad de los átomos, del vacío, del mundo infinito y de la pluralidad de mundos”⁵⁸.

Si la causa primera del movimiento inicial de los átomos es el *azar*, el fantasma del absurdo aparecía en la concepción atomista en la forma de una escalera infinita de causas accidentales, y el atomismo debería renunciar a toda pretensión de completitud teórica.

Por otro lado, si la causa inicial era distinta a una simple interacción atómica, entonces aparecía la contradicción: había “algo más”, aparte de los átomos y el vacío, causante del *vórtice* o *torbellino inicial*, que habría desencadenado las interacciones atómicas, y con ello la formación de los cuerpos compuestos.

Para Aristóteles, si bien la ciencia era un conocimiento por causas, la relación causal no se definía como una interacción externa y puntual (atómica). Ello no la diferenciaría de un accidente y sería —como siglos después argumentaría Hume— una mera creencia no

56 Platón; “Teeteto”, en *Teoría platónica del conocimiento*; traducción y comentarios de F.M. Cornford. Buenos Aires, 1968, Paidós, pp. 137-149 (201c-208b).

57 Aristóteles; *Metafísica*. Madrid, 1970, Gredos, texto trilingüe. Libro I, Cap. 4, pp. 33-34 (185b-986a).

58 A.C. Crombie; *Historia de la ciencia...*, *op. cit.*, tomo 2, p. 40. En las pp. 71-73 de la misma obra véase las paradojas del “continuo” y del “vacío” que Aristóteles atribuye a los atomistas.

demostrable. De ahí que en la ciencia aristotélica o clásica “la inducción no es prueba” sino una mera “preparación psicológica”⁵⁹ a la ciencia propiamente dicha. Una explicación atomista de la causalidad es en consecuencia absurda, pues carece de fin y de necesidad. Ella sólo se puede definir como una relación de pertenencia (esencial) del efecto a la causa. Las propiedades o efectos (del individuo) se deducen del conocimiento de la esencia (especie), es decir, de su pertenencia a un conjunto mayor.

Finalmente, la negación del espacio vacío por Aristóteles implicaba la negación de un espacio independiente de los cuerpos materiales, algo así como una forma pura de la nada. Aceptar esto era aceptar la existencia substancial (en sí) de la nada y atribuirle propiedades —como la extensión—, lo que resultaba contradictorio y absurdo⁶⁰. Por ello, desde Aristóteles hasta Galileo toda la astronomía ptolemeica se construye sobre la base de negar explícitamente la existencia del vacío: “...porque no se puede concebir que en la naturaleza exista un vacío o cosas sin sentido o inútiles”⁶¹.

Es difícil establecer una sola razón por la cual la mayoría de los científicos mecanicistas modernos (salvo Descartes y Leibniz) despreciaron o consideraron irrelevante este viejo debate filosófico y sus evidentes conclusiones⁶².

De hecho, no se puede atribuir a la simple ignorancia. Muchos científicos modernos —inclusive aquellos radicalmente experimentalistas y baconianos— como Robert Boyle, asumieron el atomismo,

59 Aristotle; *Analytical prior and posterior*. Oxford, 1957, Ed. Ross, p. 49.

60 Un resumen muy claro de los argumentos físicos de Aristóteles contra la posibilidad de la existencia del vacío puede encontrarse en Peña Cabrera, Antonio; “La ciencia en la antigüedad y el medioevo”, en *Las ciencias naturales y la concepción del mundo hoy*. Lima, 1979, I.P.P., pp. 22-23.

61 Claudio Ptolomeo; *Las hipótesis de los planetas*. Madrid, 1987, Alianza Universidad, p. 85.

62 Koyré ha sugerido una explicación de este vacío teórico mediante el hecho de que la imagen moderna de la naturaleza emergió de la destrucción renacentista de la ontología aristotélica (Nicolás de Cusa), mucho antes de que otra alternativa ontológica fuera elaborada (recién lo sería en el siglo XVII por Gassendi) sobre la base de la ontología atomista de Demócrito. Alexandre Koyré; *Estudios de historia...*, op. cit., pp. 42-45.

conscientes de su naturaleza claramente metafísica y de su origen histórico-filosófico⁶³.

Igualmente, en su polémica con Descartes, Newton hizo una clara apelación a la autoridad filosófica de los atomistas clásicos para defender sus propias teorías físicas:

Para el rechazo de tal medio (*plenum* de Descartes) disponemos de la autoridad de aquellos de los más ancianos y célebres filósofos de Grecia y Fenicia, quienes hicieron del vacío, los átomos y la gravedad de los átomos, los primeros principios de su filosofía...⁶⁴.

No obstante, es probable que, en un principio, la aguda lucha por liberarse de la subordinación teológica haya generado entre los científicos modernos un rechazo global a todo debate referido a los fundamentos filosóficos de su propia disciplina.

Dicha polémica no era sencilla; al fin y al cabo la intelectualidad clerical había acumulado varios siglos de experiencia y monopolio intelectual de los debates filosóficos, cosa que la ponía en ventaja —retórica y erudita— sobre la mayoría de científicos modernos, como lo mostró la disputa con Galileo.

Este conflicto fue condensando en la conciencia de los físicos un positivismo confesional que transformó la célebre expresión táctica atribuida a Newton: “Física, cuídate de la metafísica” en una suerte de programa filosófico estratégico de fundamentación de la ciencia.

Los hombres solemos cometer con frecuencia el error de guiarnos exclusivamente por los resultados prácticos inmediatos y no por las especulaciones referidas a horizontes teóricos lejanos. La mecánica atomista produjo brillantes resultados inmediatos durante casi cuatro siglos, de manera que sus categorías parecían fluir de los mismos

63 Cf. Robert Boyle; *Física, química y filosofía mecánica*. Madrid, 1985, Alianza Editorial, pp. 191 y 231.

64 Isaac Newton; *Óptica, op. cit.*, Libro III, Parte I, p. 319.

hechos y no de alguna concepción metafísica tan artificialmente elaborada como la misma escolástica que combatían⁶⁵.

¿Quién iba entonces a sospechar las intrincadas paradojas teóricas que el futuro iba a deparar a la ontología atomista y al reduccionismo analítico de la mecánica moderna conforme se fuera multiplicando el número de sus éxitos prácticos hasta presentarse como toda una filosofía integral del mundo⁶⁶?

El problema de Galileo

Fue posiblemente Galileo el primero que introdujo de manera axiomática la metafísica atomista desde el primer axioma de la Mecánica Teórica, en su célebre obra de 1638 *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*⁶⁷, cuyo objetivo central fue precisamente establecer los axiomas básicos de la mecánica racional.

65 "Los principios de la mecánica moderna... nos parecen tan simples, tan naturales, que no notamos las paradojas que implican", particularmente si los comparamos con la densa complejidad que alcanzaron la física aristotélica o la astronomía ptolemaica en su afán de ir "salvando los fenómenos" o ir satisfaciendo las múltiples exigencias de la intuición sensible. Aristóteles presupone, por ejemplo, un universo curvo, que es en realidad más cercano a la descripción de las trayectorias, movimientos y objetos sensibles cotidianos, que el mundo sugerido por el principio inercial basado en la geometría euclidiana. En realidad, el movimiento inercial (uniforme y rectilíneo) presupone el vacío y la infinitud del espacio, es decir, explicamos paradójicamente la realidad sensible por una realidad teóricamente imaginada. "En la verdadera naturaleza no hay ni círculos ni triángulos ni líneas rectas". Cf. Alexandre Koyré; *Estudios de historia...*, op. cit., pp. 168-173. Es también obvio que un giro ontológico de tal magnitud exigió, igualmente, un giro en los criterios gnoseológicos de validación: "la primacía del criterio analítico de simplicidad, sobre el criterio de verificación empírica, para garantizar claridad y distinción de una idea, vale decir, la certeza racional". *Ibid.*, pp. 180-183.

66 Sólo algunos notables filósofos logran detectar la naturaleza intrínsecamente aporética del concepto de vacío sobre el que se construía la mecánica moderna, como Descartes, Spinoza y finalmente el propio Kant. "El vacío es una sinrazón, colocar las cosas en una tal sinrazón es absurdo. Sólo los cuerpos geométricos pueden ser 'colocados' en un espacio geométrico". Alexandre Koyré; *Estudios de historia...*, op. cit., p. 163.

67 Galileo Galilei; *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. Madrid, 1981, Editora Nacional, pp. 93 y 97-101.

Para eludir la paradoja pitagórica de la infinita divisibilidad de cualquier magnitud matemático-geométrica –y siguiendo en cierto modo el método de Demócrito– Galileo definió los átomos en primer lugar no por una propiedad geométrica, sino por una propiedad física intrínseca: la gravedad (*gravitá*)⁶⁸.

Galileo definió la gravedad como el “peso” o “cantidad de masa” mínima que posee un cuerpo para ser tal. La gravedad era para Galileo una tendencia interna de un cuerpo aislado (libre de “obstáculos accidentales y externos”) y no una relación atractiva entre dos cuerpos.

Tanto Newton como Boyle, Pascal y Euler, van a recurrir sucesivamente a modificaciones de esta definición galileana de cuerpo material, para acercarse aún más a la vieja tesis fisicalista del atomismo clásico⁶⁹. Ellos buscarán definir la masa a partir de su impenetrabilidad y no de la gravedad, a la que sólo verán –como Newton– como una relación externa entre dos cuerpos⁷⁰.

68 “... un cuerpo pesado tiene, por naturaleza, un *principio intrínseco* que lo mueve *hacia el centro común de los graves* (esto es, hacia el centro de nuestro globo terrestre) con movimiento continuamente acelerado, y siempre igualmente acelerado; es decir, que en tiempos iguales se añaden nuevos impulsos iguales y nuevos grados de velocidad. Pero hay que entender que esto se cumple con la condición de que se eliminen todos los obstáculos accidentales y externos.” Galileo Galilei; *Consideraciones y demostraciones...*, *op. cit.*, pp. 164-165.

69 Blaise Pascal; *Tratados de Pneumática*. Madrid, 1984, Alianza Editorial, p. 94. Robert Boyle, *Física, química y...*, *op. cit.*, p. 194.

70 “Los siglos XVII y XVIII están dominados por lo que me gustaría llamar la concepción sustancial de la materia... las modalidades básicas de este concepto se encuentran ya en Demócrito. Haciendo una grandiosa abstracción de las apariencias sensorias supone como única diferencia, origen de toda variedad, la distinción absoluta entre lo ‘vacío’ y lo ‘lleno’... Al comienzo del siglo XVII esta teoría de Demócrito fue revivida por Gassendi. Pero también Galileo declara: ... la materia es inmutable y siempre la misma... sustancia completamente homogénea y sin ninguna cualidad... la diferente densidad de los cuerpos... es por una mezcla de átomos y espacio vacío en proporciones cambiantes de volumen... el espacio que se requiere es el euclidiano con su estructura métrica rígida... Los átomos son indivisibles y rígidos... Además son impenetrables... impenetrabilidad y rigidez ha sido descrita con énfasis, especialmente por Gassendi y Locke como la modalidad básica de la materia; en oposición a Descartes, en cuya teoría corpuscular los cuerpos elementales se deforman y pulverizan entre sí...”. Hermann Weyl; *Filosofía de las matemáticas...*, *op. cit.*, pp. 187-188.

En la célebre Cuestión 31 de la Parte I del Libro III de su *Óptica*, Newton hizo una verdadera declaración de principios de su concepción atomista:

Todos los cuerpos parecen estar compuestos por partículas duras, pues, de lo contrario, no se congelarían los fluidos... Por tanto, hemos de considerar la dureza como la propiedad de toda materia incompuesta. Esto parece ser tan evidente al menos como la universal impenetrabilidad de la materia...⁷¹

Páginas más adelante volvió a reafirmar su adhesión al clásico paradigma metafísico atomista:

Por consiguiente, puesto que la naturaleza ha de ser perdurable, los cambios de las cosas corpóreas han de ser atribuidos exclusivamente a las diversas separaciones y nuevas asociaciones de los movimientos de estas partículas permanentes, al ser rompibles los cuerpos sólidos, no en medio de dichas partículas, sino allí donde se juntan...⁷²

A pesar de que Newton se esforzó incansablemente por no hacerlo explícito —en razón de su declarada metodología “antimetafísica” fenomenista— ésta aparece una y otra vez en su obra como postulado metafísico fundante, no sólo en la célebre Cuestión 31 de la *Óptica*.

El atomismo de Newton se muestra también en la Definición que sigue a la Proposición II de la Parte II del Libro Primero, donde los rayos de luz aparecen como entidades mínimas que sostienen las cualidades primarias. De igual manera, en la Sección XIV recurre al modelo corpuscular para explicar la refracción.

Asimismo, en el Libro III de los *Principios matemáticos...*, en su famosa Regla Tercera del filosofar, Newton determina explícitamente el carácter corpuscular de la materia y su impenetrabilidad. En general, su modelo corpuscular se muestra a lo largo de toda la obra: en el

71 Isaac Newton; *Óptica*, op. cit., p. 336.

72 *Ibid.*, p. 346.

prefacio de Roger Cotes a la segunda edición, en la sección IX del Libro II y también en las proposiciones VI (Corolario 4) y X del Libro III.

El compromiso ontológico atomista asumido por la mecánica moderna desde Galileo, no era gratuito. Es de esta propiedad definitoria que Galileo atribuyera a los cuerpos (el ser “graves”), de donde se seguía la existencia de un movimiento primero, “natural” o espontáneo, que es el movimiento inercial y rectilíneo. Dicho movimiento describe todo cuerpo que “cae” en el “vacío”, es decir, sin sufrir la acción de ningún otro “cuerpo” o “medio” sobre él.

En consecuencia, dada la existencia de *un cuerpo* (del cual el átomo es su mínima expresión lógica) y *un espacio vacío circundante*, no se necesita de ningún “primer motor” o “primer impulso” que cause el movimiento inicial. Dicho movimiento no requiere de una explicación causal o teleológica: es simplemente consecuencia de una propiedad (de la masa o “peso”) de un cuerpo.

Robert Boyle, que era un gran científico experimental (intransigente baconiano contra toda especulación metafísica), pero fuera del laboratorio era un fanático religioso, no cejó en advertir las implicancias ateas de esta metafísica atomista si se la asumía como una “filosofía general”, punto en el que él se sentía más cerca de su irreconciliable adversario francés René Descartes que de Demócrito o Epicuro, y del mismo Galileo:

... los antiguos filósofos corpusculares (doctrina a la que más nos inclinamos en la mayoría de los demás puntos, aunque no en todos), al no reconocer un autor del universo, se vieron por ello reducidos a hacer el movimiento congénito a la materia y consiguientemente contemporáneo suyo... Descartes ha revivido entre nosotros que Dios es el origen del movimiento de la materia⁷³.

Newton, más pragmático que Boyle, optó por una solución verbal conciliatoria, pero poco convincente:

73 Robert Boyle; *Física, química y...*, op. cit., p. 195.

Tras considerar todas estas cosas, me parece muy probable que Dios haya creado desde el comienzo la materia en forma de partículas sólidas, masivas, duras, impenetrables y móviles...⁷⁴

Más teórico que Newton en este punto, Galileo infería que “el movimiento rectilíneo”, al carecer de causa primera o final alguna, era “por naturaleza infinito” (continuo), razón por la cual sólo era descriptible “localmente”, esto es, en términos relativos, siendo por tanto susceptible de sumarse o restarse entre uno y otro.

Cualquier variación del movimiento inercial de los cuerpos en el vacío (rectilíneo y uniforme) no sería sino un producto de la acción directa de otro cuerpo (choque) o rozamiento de un medio (agua, aire, etc.), que puede desviarlo, curvarlo, retrasarlo o acelerarlo, dando lugar a “movimientos compuestos”. Desaparecen con ello las “causas ocultas” y “acciones a distancia” de las cuales estaba plagada la física aristotélica.

La problemática de la obra de Galileo es ya típicamente mecánica. Aunque la ruptura con el método aristotélico-teológico había sido en gran parte procesada por Kepler, Galileo se mostró dudoso ante la obra de éste. Demasiados elementos metafísicos y místicos en su seno lo llevaron a mantenerse en silencio cuando éste le envió un ejemplar de su primera gran obra, *Mysterium cosmographicum*, en 1596.

Basándose en la observación de que los movimientos de los planetas se hacen más lentos a medida que se alejan del sol, Kepler lanzó una nueva hipótesis para explicar la estructura geométrica del sistema planetario, introduciendo por primera vez un concepto matemáticamente casi análogo al de fuerza gravitatoria⁷⁵.

74 Isaac Newton; *Óptica*, op. cit., p. 345.

75 En efecto, la preferencia de Kepler por el sistema copernicano en vez del ptolemaico, no se basó en explicaciones físicas sino geométricas, o mejor dicho, en una cierta interpretación mística de las proporciones armónicas existentes entre los cinco sólidos regulares de la geometría euclidiana: “Kepler conocía la demostración de Euclides de que sólo hay cinco sólidos regulares construibles con reglas geométricas simples (el cubo, el tetraedro, el dodecaedro, el icosaedro, y el octaedro). Poniéndolos en el orden señalado, Kepler descubrió que encajaban exactamente en los espacios que mediaban entre las esferas de las órbitas planetarias, apareciendo tan sólo un error de alguna importancia en el caso de Júpiter. De ahí

No obstante, Kepler rodeó dicha *fuerza* de un cierto halo místico, “*anima motrix*” o “*virtus*”. Ésta se presentaba como una suerte de atracción a distancia que resultaba intolerable para un materialista mecánico atomista como Galileo. Para él, toda interacción física sólo podía ser explicable en términos de una “acción directa” entre dos cuerpos, por choque, rozamiento u oscilación de un medio. Hablar de fuerzas que interactúan “a distancia” y “a través del vacío”, resultaba, en todo caso, algo más cercano a la magia que a la filosofía natural mecanicista que ellos intentaban fundar. Este enigma no se presentaba ciertamente en la física aristotélica, pero no por razones de “magia”, sino porque en ella no se suponía el vacío⁷⁶.

Hay que tener en cuenta que el Galileo de las *Consideraciones*, es el Galileo humillado y prisionero de la Inquisición en su retiro de Arcestri. Sus argumentos principales en defensa del sistema coperni-

que los números y la geometría mostrasen que tenía que haber seis planetas, como en el sistema copernicano, y no siete, como en el ptolemaico. En el *Mysterium cosmographicum* (1596), donde había recurrido a los cinco sólidos regulares para mostrar por qué había seis y sólo seis planetas espaciados como muestra el sistema copernicano, Kepler había tratado también de hallar ‘las proporciones de los movimientos (de los planetas) respecto a las órbitas... Kepler decidió que el ‘*anima motrix*’ que actúa sobre los planetas pierde fuerza a medida que aumenta la distancia al sol. Pero... consideró más probable que dicha fuerza disminuyese en proporción al círculo u órbita por la que se expande, dependiendo directamente del aumento de la distancia más bien que del cuadrado del aumento de la distancia’. Cohen, I. Bernard; *La revolución newtoniana y el...*, op. cit., pp. 38 y 40.

76 “Con todo, Kepler fue mucho más allá de tal explicación matemática, ya que asignó una causa física a dicha variación, suponiendo una fuerza celeste magnética, por más que nunca lograra conectar matemáticamente con éxito dicha fuerza particular con las órbitas elípticas y con la ley de áreas, ni fuese capaz de hallar una demostración fenomenológica o empírica independiente de que el sol ejerce efectivamente este tipo de fuerza magnética sobre los planetas”. Cohen, I. Bernard; *La revolución newtoniana...*, op. cit., p. 47.

En este punto también coincide Koyré: “... es muy probable que la simbólica de Kepler y su uso de razonamientos cosmoteológicos suscitara en Galileo la misma aversión que provocaba en él el alegorismo de Torcuato Tasso. Y el animismo de Kepler, su atribución al sol de un alma motriz en virtud de la cual gira sobre sí mismo y emite, como un torbellino muy rápido, una fuerza motriz magnética o casi magnética que atrae a los planetas y los arrastra alrededor de él, debía obrar en el mismo sentido. Para Galileo eso era una vuelta a concepciones mágicas... que ningún galileano podrá aceptar nunca”. Koyré, Alexander; “Actitud estética y pensamiento científico”, en *Estudios de historia...*, op. cit., p. 271.

cano no habían logrado demostrar a la jerarquía eclesiástica la superioridad de su teoría sobre la Física aristotélica.

Ahora tenía que orientarse no a pruebas circunstanciales sino a cuestiones de principio. El objetivo de esta obra es precisamente sentar las premisas de la mecánica teórica, es decir, reunir axiomáticamente la inmensidad de resultados parciales y dispersos acumulados en los treinta años de investigación anterior. Las *Consideraciones* sientan entonces algunas tesis fundamentales de la concepción científica moderna del mundo.

En primer lugar, la estructura atómica de la materia. Esta tesis supone una estructura simple de la materia en la que se puede descomponer el complejo mundo material.

En segundo lugar, Galileo –a diferencia de Descartes– definió los átomos de materia no por una propiedad geométrica sino por una propiedad física: la gravedad. De la existencia de esta propiedad *intrínseca* de todo cuerpo (tener masa peso o gravedad) se sigue la existencia de un movimiento natural o “inercial” de caída de los cuerpos, que es necesariamente rectilíneo, uniforme e igual para todos los cuerpos, dado que el espacio vacío e infinito no puede presuponer ningún “lugar” natural como en la Física aristotélica-tomista⁷⁷.

Este movimiento natural que Galileo llama *inercial* –imaginamos que para distinguirlo del “*movimiento natural*” de Aristóteles–, no está definido por razones teleológicas, por “lugares naturales” o por “causas finales”.

A partir de este principio, Galileo piensa también que es posible refutar el argumento –aparentemente más fuerte– de los aristotélicos contra la tesis del movimiento de la tierra; aquel que afirmaba que si

77 En este punto Galileo simplemente ha transcrito el primer principio de la Física epicúrea expuesta por Lucrecio en el Libro II de *De rerum natura* (versos 216-224, 251-260 y 284-293) en los siguientes términos: “... Los átomos caen en línea recta a través del espacio en virtud de su propio peso... Cf. Paul Nizan; *Los materialistas de la antigüedad*, op. cit., p. 76. Crombie llega también a la misma observación sobre la peculiar concepción galileana del principio de inercia al que atribuye orden pitagórico (A.C. Crombie; *Historia de la...*, op. cit., tomo 2, cap. II, p. 143). Ver también Hermann Weyl; *Filosofía de las matemáticas...*, op. cit., pp. 189-190.

la tierra se moviera todos los cuerpos que no están enclavados en ella, saldrían disparados como proyectiles.

A partir del principio galileano, la tendencia a la caída de los cuerpos hacia abajo compensaría la tendencia centrífuga a separarse de la tierra.

En tercer lugar, supuesto un cuerpo material en estado inercial, se pueden explicar todos los cambios como producto de la acción directa ejercida contra el estado inercial de un cuerpo, por algún otro cuerpo material o “medio”, y no por “finalidades naturales”, “entelequias” o cualquier otra fuerza misteriosa.

Todo cambio resulta siendo siempre la acción de la fuerza local de un cuerpo sobre otro (choque, rozamiento u oscilación). Se elimina así en la investigación causal toda finalidad teleológica. No hay que buscar causas últimas sino causas directas. Aquí no entra ni dios ni lucifer⁷⁸.

En cuarto lugar, el principio inercial por sí mismo sólo puede explicar el movimiento rectilíneo, no el movimiento curvo. *Los movimientos curvos son explicados entonces como “movimientos compuestos”*, productos de la suma del movimiento inercial más la acción de otros cuerpos en direcciones distintas, o de un medio perturbador.

Galileo demostraba la composición de los movimientos curvos en el ejemplo de la parábola que describía un proyectil, comparable con la trayectoria descrita por una bola que se desliza por un plano inclinado. Pero la teoría de la parábola permitía describir una semicurva en un movimiento local, no obstante resultaba profundamente insuficiente para explicar las perpetuas trayectorias curvas que describen las órbitas de los planetas. Aquí es donde comienza a surgir el profundo entrapamiento teórico del sistema galileano que identificaba gravedad e inercia⁷⁹.

78 Con esta tercera tesis Galileo ha incluido las dos fuerzas motrices o principios de la física atomista de Epicuro: *los choques y la gravedad*, sin los cuales —afirma Lucrecio— “la naturaleza nunca hubiera creado nada”. Lucrecio; *De rerum natura*, op. cit., Libro II, versos 216-224, 251-260 y 284-293 (reproducidos también por Paul Nizan; *Los materialistas de...*, op. cit., pp. 76-77).

79 “Galileo aceptaba la existencia de una fuerza de gravedad que producía una aceleración hacia abajo, mientras que, en la dirección horizontal, la única fuerza que puede afectar al movimiento del proyectil es la resistencia del aire, que resulta pequeña”. Cohen, I. Bernard; *La revolución newtoniana...*, op. cit., p. 44.

A diferencia de Kepler y Newton, para Galileo la gravedad no era el resultado de la interacción entre dos cuerpos sino una propiedad intrínseca de cualquier cuerpo aislado, independientemente de su relación con otro. En Galileo hay una identificación entre cuerpo y gravedad.

En realidad, esta identificación galileana es una consecuencia de su aversión teórica a la paradójica idea de la gravitación como una misteriosa “interacción a distancia”, que se pudiera dar entre dos cuerpos a través del vacío, es decir, sin relación física alguna. Y en cierto sentido no le faltaba razón. El propio Newton (que sí distinguía la gravitación de la masa inercial de un cuerpo) se encargará reiteradamente de desautorizar una interpretación semejante de su ley gravitatoria. En su célebre carta a Bentley del 25 de febrero de 1692, lo enfatizará claramente:

Que la gravedad sea innata, intrínseca y esencial a la materia, de suerte que un cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia, a través del vacío, sin la mediación de ninguna otra cosa a través de la cual su acción pueda pasar de uno a otro, me parece a mí un absurdo tan grande que no creo que hombre alguno que piense con sensatez en materias filosóficas pueda jamás caer en él⁸⁰.

La alternativa moderna más radical a la tesis de Galileo fue planteada por el célebre matemático, físico y filósofo francés René Descartes (1596-1650). La racionalidad de su crítica y la originalidad de su conjetura, reveló que la contradicción insalvable de la concepción mecanicista clásica residía en sus mismos supuestos metafísicos atomistas.

Descartes –quien poseía una mayor formación filosófica clásica que Galileo– fue posiblemente el primero de los modernos que notó las paradojas teóricas insolubles que conllevaba el paradigma meta-físico atomista. En primer lugar, ubicando la fuente de las dificultades

80 Cit. por R.G. Collingwood; *Idea de la naturaleza*. México, 1950, Fondo de Cultura Económica, pp. 170-171.

no en el terreno empírico, sino en el terreno de sus fundamentos filosóficos, tal como lo señalara en un comentario sobre Galileo en una carta a Mersenne, fechada el 11 de octubre de 1638:

Encuentro en general que filosofa mucho mejor que el vulgo... y trata de examinar las materias físicas mediante razones matemáticas. En esto estoy enteramente de acuerdo con él y sostengo que no hay ningún otro medio para encontrar la verdad. *Pero... sin haber considerado las primeras causas de la naturaleza, sólo ha investigado las razones de algunos efectos particulares, y así ha construido sin fundamento*⁸¹.

Descartes pudo detectar cómo las antinomias filosóficas del atomismo eran introducidas por Galileo en el comienzo mismo de la teoría física, es decir, en el Principio de Inercia, que suponía necesariamente la existencia del espacio vacío.

Llegó a la conclusión de que la hipótesis atomista básica del espacio vacío era paradójica con la hipótesis de la interacción gravitatoria, porque el espacio inercial (vacío) suponía la existencia de un objeto aislado, sin interacciones. Como la mecánica sólo permitía explicaciones causales por interacción física directa, esto conducía a hacer inexplicable la gravitación. ¿Cómo explicar las órbitas de los planetas? ¿Qué fuerza podía actuar *a través del espacio vacío* para desviar sistemáticamente el movimiento rectilíneo inercial de los planetas?

Para Descartes, la recurrencia de Galileo a la teoría de la parábola (como la descrita por el proyectil de un cañón) resultaba absolutamente insuficiente. En el mejor de los casos, la parábola podía explicar la trayectoria de un semicírculo finito, pero no las órbitas completas y sostenidas de los planetas en el vacío.

En consecuencia, se presentó la siguiente disyunción: o se buscaba una *causa externa* para explicar la curvatura de la trayectoria de los planetas, o se buscaba otro principio axiomático independiente del inercial (un principio gravitatorio). Descartes va a intentar el pri-

81 René Descartes: "Correspondencia", en *Obras escogidas*. Buenos Aires. 1967, Ed. Sudamericana, pp. 370-1.

mer camino y Newton el segundo, en su común afán por salvar las paradojas originadas por la metafísica atomista.

La alternativa cartesiana

Descartes va a optar por eliminar la hipótesis del espacio vacío, que en su opinión es la verdadera fuente filosófica de las aporías mecanicistas, pues “tomado en la acepción de los filósofos, esto es, como aquello en que no hay absolutamente sustancia alguna”⁸² se convierte en un concepto aporético. En efecto, resulta absolutamente contradictorio afirmar “que haya extensión de la nada... pues cuando nada hay entre dos cuerpos, es forzoso que se toquen mutuamente”⁸³.

Como consecuencia de este razonamiento —de viejo cuño aristotélico—, resultaría también contradictoria la idea de una estructura atómica o discontinua de la materia, pues “... implica contradicción que haya átomos o parte de materia que tienen extensión y, sin embargo, que son indivisibles porque no se puede tener la idea de una cosa extensa que no se pueda tener también idea de su mitad, o de su tercio ni, por consiguiente, sin que se la conciba divisible...”⁸⁴. Pero esta es una crítica que sólo afecta al atomismo geométrico, o a los que como él identifican materia con extensión geométrica, pero no al atomismo fisicalista, como veremos más adelante.

A partir de esta crítica de fundamentos, Descartes va a elaborar la conjetura de la existencia de una “materia sutil” o “éter”, que llenaría el espacio vacío existente entre los cuerpos. Este “*plenum*” expli-

82 René Descartes; *Los principios de la filosofía*. Buenos Aires, 1951, Losada, Segunda parte, p. 44.

83 *Ibid.*, pp. 44-5. Pascal va a retrucar este argumento buscando una definición de vacío diferente a la nada, de manera de eludir la paradoja filosófica del vacío exigida por el atomismo que acá señala Descartes. Cf. Blas Pascal; *Tratados de Neumática*, op. cit., pp. 64-65 y 88. Antes que Pascal, Gassendi ya había objetado que la negación cartesiana del vacío tenía validez únicamente si se aceptaba la ontología aristotélica en la que todo es o substancia o accidental, lo cual es una *petitio principia*, pues niega *a priori* toda posibilidad de la existencia del vacío que no es ni uno ni otro.

84 René Descartes, “Correspondencia”, en *Obras escogidas*, op. cit., p. 407.

caría las interacciones gravitatorias (de los planetas, por ejemplo), como producto directo de los desplazamientos de dicha materia sutil, eliminando así la inexplicable “acción a distancia” a través del espacio vacío⁸⁵.

Pero la eliminación de la hipótesis del vacío presentaba una dificultad teóricamente insalvable desde el punto de vista del conjunto de la mecánica moderna. Si se eliminaba la hipótesis del vacío, junto con ella caía la primera ley de la física: la Ley del Movimiento Inercial, uniforme y rectilíneo y, también, todo el edificio teórico de la dinámica racional⁸⁶.

El costo era demasiado alto y la hipótesis del éter no se presentaba como una alternativa empíricamente superior, ni existía evidencia experimental que respaldase su postulación para ocupar el lugar del vacío. Su significación resultaba puramente teórica, válida solamente

85 Einstein realizó tres siglos más tarde un reconocimiento explícito a esta genial crítica filosófica de Descartes, señalándola como uno de los antecedentes más lejanos de la Teoría General de la relatividad: “Descartes argued somewhat on these lines: space is identical with extension, but extension is connected with bodies: thus there is not space without bodies and hence no empty space. (...) We shall see later, however, that the general theory of relativity confirms Descartes conception in a round about way”. Albert Einstein; *Relativity. The Special and General Theory*, Crown Publishers Inc., New York, 1961, p. 136. De la misma opinión fue el célebre matemático intuicionista H. Weyl: “Si se lleva consistentemente adelante la idea de Descartes, resulta una teoría del campo”. Hermann Weyl; *Filosofía de las... op. cit.*, p. 204.

86 “Podrías proponerme aquí una dificultad bastante considerable, a saber: que las partes que componen los cuerpos líquidos no pueden moverse incesantemente —como he dicho que hacen— a menos que entre sí encuentren espacio vacío en los lugares que abandonan a medida que se mueven (...) Pero mirad nadar los peces en el estanque de una fuente: si no se acercan demasiado a la superficie del agua, no la bambolearán lo más mínimo aunque pasen por debajo a una gran velocidad; lo cual manifiesta, en consecuencia, que el agua que empujan delante suyo no empuja indistintamente toda el agua del estanque, sino solamente aquella parte que mejor completa el círculo de su movimiento y ocupa el lugar que los peces abandonan. Y esta experiencia basta para mostrar cómo *estos movimientos circulares son simples y usuales en la naturaleza*”. René Descartes; *El mundo. Tratado de la luz*. Madrid, 1989, Mec-Anthropos (ed. bilingüe), pp. 75-77 (énfasis nuestro).

En otras palabras, Descartes sostiene que eliminada la hipótesis del vacío, el movimiento más simple y general de la naturaleza sería el movimiento circular y no uniforme y rectilíneo, dado el “plenum” que envuelve los objetos o partículas físicas. Sólo a comienzos del siglo XX la física einsteniana y antes que ella, la geometría de Riemann volverán sobre este punto.

desde el punto de vista de los fundamentos filosóficos de la Física. Pero esto nunca suele ser de interés para aquella mayoría de científicos que se consideran prácticos y buscan resultados inmediatos.

La salida cartesiana buscó disolver el problema ontológico de la interacción a distancia reduciendo el concepto de *materia* al concepto de *extensión*, es decir, al concepto de *espacio* y con ello reducir la distinción entre materia y espacio vacío a modalidades de una misma substancia.

En consecuencia, los “cuerpos” se distinguirían del “espacio” no por una cualidad física diferente (gravedez) sino por la figura y posición de sus partes componentes (como en el viejo atomismo), es decir, por su posición en un sistema de coordenadas espacio-temporales, definido por las llamadas “coordenadas cartesianas”⁸⁷.

A partir de este compromiso ontológico, Descartes logró en apariencia definir de manera lógicamente impecable las leyes fundamentales de la dinámica, de la inercia, del movimiento rectilíneo y uniforme y de la cantidad constante de movimiento, sin necesidad de recurrir al concepto de “gravedad intrínseca” como Galileo.

El objetivo final de esta identificación ontológica entre materia y extensión era lograr un “*plenum*” o negación del vacío, una especie de “materia sutil” capaz de llenar y adoptar todas las formas del espacio infinito.

Esta materia etérea o primer elemento, permitía en el programa de Descartes explicar físicamente no sólo la interacción gravitatoria sino también las interacciones luminosas, el calor y el magnetismo, como si fueran vibraciones ondulatorias de este “medio”. Con esto, la luz y la gravitación se transmiten de un cuerpo a otro con la misma materialidad con que el sonido lo hace mediante la vibración del

87 “... todas las formas imaginables de los cuerpos pueden ser explicadas sin que sea preciso a tal efecto suponer en su materia ninguna otra cosa más que el *movimiento*, el *tamaño*, la *figura* y la disposición de sus partes”. Descartes; *ibid.*, p. 89. He aquí la tesis fundamental del atomismo filosófico. Ver también las pp. 63-70, así como el “Estudio introductorio” de Silvio Turró, quien afirma que “... la construcción metafísica de la realidad como partículas materiales de trayectoria geométrica es la *estructura ontológica* que abre el ámbito de la investigación empírica...” (p. 31).

aire. Permitía además explicar la apariencia de la existencia del vacío, como una ilusión causada por la *inercia* de nuestra percepción sensible, que al contacto permanente con una entidad física termina acostumbrándose a tal punto que se torna insensible frente a ella⁸⁸.

Incluso un newtoniano incondicional como Maupertuis (1698-1759) va a reconocer que, teóricamente la superioridad del sistema de Descartes sobre el de Newton reside en que “su sistema tiene la ventaja de la simplicidad”, mientras que el sistema de Newton tiene un fundamento “menos simple, porque supone dos principios”, y para colmo uno de ellos, supone que “los cuerpos alejados actúan los unos sobre los otros”, lo que “parece difícil de admitir”⁸⁹.

Pero el sistema de Descartes, si bien resolvía ciertos problemas, presentaba otros tan o más graves que el anterior. Si la gravedad galileana podía explicar las órbitas planetarias por la simple composición de movimientos rectilíneos, el sistema de Descartes tenía que añadir una hipótesis *ad hoc*, como la del torbellino o “vórtice” inicial (a semejanza de Demócrito) para explicar las órbitas planetarias.

En otras palabras, las órbitas planetarias no se deducían directamente de su premisa inicial. La presencia de este torbellino, nuevamente no hacía sino trasladar (y no resolver) el problema. No era sino dar un nombre a una relación física que no se sabía cómo explicar. Si bien Descartes intuyó el origen del problema, parece que no pudo divisar la magnitud filosófica de la revolución categorial que implicaba su solución.

La alternativa newtoniana

En el campo de la alternativa newtoniana —que buscó formular un principio de gravitación completamente independiente del principio

88 Descartes; *ibid.*, pp. 71-81.

89 Pierre-Louis Moreau de Maupertuis; *El orden verosímil del cosmos*. Madrid, 1985, Alianza Editorial, p. 52.

de inercia— fue el físico inglés Robert Hooke quien llevó el problema hasta las mismas puertas de donde lo tomó Newton.

Hooke concibió la idea de que había que dar carta de ciudadanía como principio independiente a la “interacción gravitatoria”, no como una *propiedad física de un cuerpo aislado* (peso) sino como una *relación matemática entre dos cuerpos*, formalmente independiente de su interpretación física.

Hooke propuso tres postulados básicos. En primer lugar, que todos los cuerpos se mueven espontánea o inercialmente en forma rectilínea y uniforme hasta que otra fuerza los desvíe y los obligue a describir una forma circular o elíptica más compleja.

En segundo lugar, que todos los cuerpos celestes poseen una “fuerza de atracción o de gravitación hacia su propio centro”, que atrae no sólo las partes de su cuerpo sino incluso a los otros cuerpos celestes.

En tercer lugar, que la intensidad de las fuerzas de atracción está en relación a la distancia de los cuerpos que interactúan, faltando verificar “el valor de esta proporción”.

En este punto Hooke recurrió a Newton, convencido de su superioridad matemática. Escribió reiteradamente a éste para que resolviera el problema. Al comienzo Newton le respondió negativamente, sosteniendo que “había abandonado la filosofía” y que la cuestión de la interacción gravitatoria le parecía “pura y simplemente falsa”.

La respuesta de Newton puede parecer sorprendente vista en forma retrospectiva. Más aún, cuando era muy probable que Newton ya tuviera una idea exacta acerca del valor de esta proporción. Su escepticismo residía más bien en la interpretación física de la naturaleza de la gravitación o, mejor dicho, de la “causa de la gravitación”.

Tiempo atrás una aguda crisis psicológica lo había llevado a abandonar sus estudios de física y matemáticas y a distanciarse del mundo académico por más de seis largos años, para entregarse febrilmente al estudio de místicos y astrólogos, de alquimia, teología, historia y ocultismo. El origen de su malestar parece haber estado en la dificultad insoluble que encontraba para interpretar físicamente la gravitación.

Tal como lo señalaba en su carta a Bentley del 25 de febrero de 1692, la interpretación física de la acción a distancia a través del vacío le parecía “un absurdo, una insensatez filosófica”.

En efecto, la paradoja del contenido físico de la gravitación (y de la luz) tenía una vieja data en las preocupaciones de Newton, desde su juvenil obra científica. Particularmente su comprensión del papel vital que en el mecanicismo jugaba la hipótesis del vacío.

En su ensayo juvenil, *De gravitatione et aequipondio fluidorum* (1667), atacaba la eliminación cartesiana del vacío, cuyo defecto, según Newton, excluía la posibilidad de cualquier movimiento rectilíneo uniforme, cayendo en contradicción con la ley fundamental de la mecánica: la ley del movimiento inercial⁹⁰. Por otro lado, Newton era también consciente en dicha obra de que el espacio vacío debía implicar algún “elemento sutil”, que de alguna forma lo distinga de la “nada”, para evitar la paradoja señalada por Descartes.

Cuando en 1669, a la edad de 26 años, Newton es nombrado profesor titular de matemáticas en Cambridge, sus investigaciones comienzan a girar en torno a las cuestiones de óptica. Un resumen de sus clases sobre este tema, fue lo que envió en 1672 a la Royal Society para ser admitido como miembro.

En dicho ensayo –de acuerdo con los principios mecánicos– desarrolló una concepción corpuscular de la luz. Afirmó que si la luz no estuviera formada por corpúsculos materiales, tampoco podría –lógicamente hablando– viajar a través del espacio vacío interplanetario. Este ensayo constituirá la materia prima del primer volumen de su futura *Óptica*.

Fascinado por los brillantes resultados teóricos obtenidos en su explicación mecánico-corpuscular de las interacciones luminosas, Newton extendió su investigación a los colores. Tres años más tarde presentó a la Royal Society un ensayo sobre los fenómenos cromáticos, definiéndolos como producto de las reflexiones de la luz en los

90 Cit. por Escohotado, Antonio; “Los *Principia* de Isaac Newton: una Introducción”, En Newton, Isaac; *Principios matemáticos de la filosofía natural*, op. cit., pp. 94-96.

distintos cuerpos. Atribuyó la diversidad de reflexiones a la discontinuidad en la densidad de los cuerpos afectados.

Como señalará posteriormente en el Libro II de su *Óptica*: “las reflexiones sólo se producen en las superficies que separan medios de distinta densidad”, pudiendo así explicar qué es lo que hace “reflejar unos rayos con más abundancia que otros”⁹¹.

Pero lo realmente sorprendente de la solución newtoniana al problema de la luz y el color, lo constituyó el uso de dos premisas contradictorias: por un lado, la suposición de la existencia del *vacío* (en el que se mueven los corpúsculos luminosos) y, por otro, la suposición de la existencia de un *medio* como correa transmisora de los reflejos cromáticos.

Fue precisamente la segunda “solución”, la referida al problema de las reflexiones cromáticas como producto de las variaciones de “medios de distinta densidad”, la que va a sugerir a Newton la hipótesis de generalizar la existencia de un “éter universal” o “materia sutilísima” que sirva como correa de transmisión a las interacciones gravitatorias.

En una carta a Boyle —fecha el 28 de febrero de 1678— Newton se explaya en su atrevida hipótesis para explicar el fenómeno de la interacción gravitatoria como un fenómeno de interacción directa:

Supongo que existe una sustancia etérea difundida por todas partes, capaz de contraerse o dilatarse, sumamente elástica... muy parecida al aire... pero mucho más sutil.

Supongo que este éter penetra en todos los cuerpos sólidos...

Supongo que el éter más enrarecido (sutil) está dentro de los cuerpos (entre sus poros) y el más denso fuera de ellos...⁹².

Entonces Newton pasa a explicar hipotéticamente el fenómeno de la atracción gravitatoria en los siguientes términos:

91 Isaac Newton; *Óptica*, *op. cit.*, pp. 220 y 217.

92 Isaac Newton; *Selección*. Buenos Aires, 1943, Espasa-Calpe, pp. 92-93.

... cuando dos cuerpos se aproximan se acercan tanto que el éter entre ambos comienza a rarificarse... en tanto que su distancia disminuya, hará que el éter interpuesto se rarefique más y más, pero finalmente... el exceso de presión del éter externo que rodea a ambos cuerpos por encima del éter rarificado que está entre ellos, sea tan grande como para vencer la resistencia que tienen los cuerpos a entrar en contacto, entonces ese exceso de presión los juntará con violencia y hará que se adhieran mutuamente⁹³.

Pero este vuelo teórico especulativo era excesivo para el inquisitorial ambiente baconiano radicalmente experimentalista que existía en la Inglaterra de Boyle y Hooke, quienes –hostiles a toda actitud especulativa– criticaban a Descartes y Huygens.

La crítica despiadada sobre Newton por parte de Hooke –a la sazón secretario de la Royal Society– no se hizo esperar. Calificó su interpretación física de “apriorista y dogmática”, y de ser poseedora de todos los inconvenientes de una sistematización metafísica que olvida lo más importante: experimentar.

Dolido y desgarrado por las masivas críticas de sus colegas encabezados por Hooke, Newton se replegó totalmente del mundo académico oficial por más de seis largos años, hasta que las cartas del mismo Hooke, entre conciliadoras y estimulantes, buscaron nuevamente atraerlo a la Royal Society.

La última carta de Hooke –fechada en enero de 1680– pide a Newton su colaboración para “conocer las propiedades de una curva engendrada por una fuerza de atracción... inversamente proporcional al cuadrado de las distancias”. Hooke concluía: “no dudo que con vuestro excelente método podréis establecer fácilmente la naturaleza de esa curva así como sus propiedades”.

Esta carta nunca fue respondida por Newton. Más aún, cuando se publicó la primera edición de los *Principia*, Newton ni siquiera mencionó la participación de Hooke en el descubrimiento de la relación de gravitación. Y ante los reclamos públicos de Hooke, Newton le respondió con la misma moneda, reprochándole ahora su menos-

93 *Ibid.*, pp. 92-95.

precio experimentalista por el descubrimiento matemático. En una carta a Halley del 20 de junio de 1686, Newton le reprocha indirectamente a Hooke el estimar que “los matemáticos... deben contentarse con ser solamente calculistas, sin imaginación, simples peones de construcción...”⁹⁴.

Posiblemente, Newton ya tenía la respuesta matemática y la idea de la “proporción” mucho antes de la carta de Hooke. Pero esta solución sólo adquirió importancia para él cuando se decidió a abandonar toda interpretación física de la acción gravitatoria, tal vez temeroso de otro contraataque filosófico de Hooke, y ansioso de una venganza personal⁹⁵.

De aquí en adelante, el estilo de Newton se hizo más prudente y reservado. Cada vez se hizo más difícil distinguir lo que realmente pensaba de lo que le parecía prudente afirmar en un medio ortodoxamente baconiano. Vivió obsesionado por el temor a ser puesto nuevamente en ridículo por un polemista hábil.

Su posterior abandono de la actividad académica para dedicarse, esta vez, a la actividad política como parlamentario, y luego como implacable director de la Casa de la Moneda, lo volvieron profesionalmente cauteloso. Sus artículos polémicos aparecían –cada vez con mayor frecuencia– publicados sin firma o firmados por sus diferentes discípulos, refiriéndose a él siempre en tercera persona.

En el famoso escolio general, al final de sus *Principia*, Newton hace gala de un prudente agnosticismo conciliable con el experimentalismo que lo rodeaba:

Hasta aquí hemos explicado los fenómenos de nuestro cielo y nuestro mar como fuerza gravitatoria, pero no hemos asignado aún *causa a esa fuerza* (...) hasta el presente no he logrado descubrir la causa de

94 Cit. por Escototado, Antonio; *Los principia de...*, op. cit., p. 168.

95 “... no es por falta de habitualidad experimental, sino como consecuencia de la *insuficiencia de su filosofía de la ciencia* –tomada de Bacon– *por lo que Boyle y Hooke fracasaron ante los problemas de óptica*; y son también *profundas divergencias filosóficas* las que han alimentado la oposición de Huygens y de Leibniz a Newton”. Alexandre Koyré; *Estudios de historia...*, op. cit., p. 6.

esas propiedades de gravedad a partir de los fenómenos, y no finjo hipótesis, y las hipótesis metafísicas o físicas... carecen de lugar en la filosofía experimental... Y es bastante que la gravedad exista realmente y actúe con arreglo a las leyes que hemos expuesto...⁹⁶.

No obstante esta profesión de fe experimentalista y agnóstica, los fantasmas metafísicos del pasado volvían a aparecer sutilmente en los *Principia*:

Podríamos ahora añadir algo sobre cierto espíritu sutilísimo que penetra y yace latente en todos los cuerpos grandes, por cuya fuerza y acción las partículas de los cuerpos se atraen unas a otras cuando se encuentran a escasa distancia... y los cuerpos eléctricos... y la luz... y toda sensación es excitada... (y) propagada por las vibraciones de este espíritu... Pero estas son cosas que no pueden ser explicadas en pocas palabras. Por otra parte, tampoco disponemos de la cantidad suficiente de experimentos para determinar con precisión y demostrar mediante qué leyes opera este espíritu eléctrico y elástico⁹⁷.

Newton no volverá a intentar abiertamente ninguna interpretación física de las interacciones gravitatorias o luminosas; sólo volverá parcial y cautelosamente sobre el tema luego de la muerte de Hooke, en su segunda obra monumental: la *Óptica*.

Pero no sólo se trató de la desaparición de la inquisitorial figura de Hooke. Como bien observó Cohen⁹⁸, la *Óptica* es un libro cualitativamente distinto de los *Principia*. Mientras los *Principia* son una síntesis matemático-axiomática de hechos ya conocidos y organizados (leyes de Kepler, Galileo, Descartes, etc.), la *Óptica* representará una obra experimental en proceso de construcción. Tiene el carácter inacabado de una investigación, que de hecho va a culminar a fines del siglo XIX con Fresnel y Maxwell y la Electrodinámica clásica. Acá la explora-

96 Isaac Newton; *Principia...*, op. cit., pp. 816-817 (énfasis nuestro).

97 *Ibid.*, p. 817.

98 Cf. I.B. Cohen; *Franklin and Newton*. Philadelphia, 1956, A.P.S., cap. V (cit. por Carlos Solís en la Introducción a la versión en español de la *Óptica...*, op. cit., p. XXI).

ción arriesgada de hipótesis de investigación no se encuentra atada a las restricciones demostrativas del método axiomático.

Newton dudó a lo largo de varios años sobre la alternativa del éter. Pero el ambiente baconiano radicalmente experimentalista que existía en Inglaterra, frenó sus análisis teóricos de las bases filosóficas del atomismo y lo condujo a aceptar acríticamente la hipótesis del vacío atomista y a optar por la formulación de un principio de gravitación completamente independiente del principio de inercia⁹⁹.

Sin embargo, aunque dicha alternativa pudo encontrar una expresión formal, no pudo resolver el carácter paradójico de la interpretación física que sugería la gravitación como una acción a distancia de un cuerpo sobre otro a través del vacío.

Es por esta razón que en el libro III de sus *Principios matemáticos de la filosofía natural*, Newton enfatizó que:

Para nada afirmo que la gravedad sea esencial a los cuerpos. Por fuerza ínsita sólo entiendo su fuerza inercial, que es inmutable. Su gravedad, en cambio, disminuye a medida que se alejan de la tierra¹⁰⁰.

El formalismo de la explicación newtoniana de la gravitación pareció disolver –aunque en realidad sólo disimuló– la paradójica interpretación física que suponía el espacio vacío en la metafísica atomista. En apariencia, la ciencia física se liberaba así de toda responsabilidad filosófica.

Newton había sido explícito en este propósito, al inicio mismo de su opúsculo, el *Sistema del mundo*:

... nuestro propósito es sólo rastrear la cantidad y propiedades de esa fuerza partiendo de los fenómenos... gracias a los cuales podremos calcular matemáticamente sus efectos... Dijimos matemáticamente

99 “La *Vis inertiae* es un principio pasivo, gracias al cual los cuerpos persisten en su movimiento o reposo... con este principio solo, nunca habría movimiento en el mundo. Se requiere otro principio que ponga los cuerpos en movimiento y, una vez en movimiento, otro principio es necesario para conservar el movimiento”. Isaac Newton; *Óptica*, op. cit., p. 343.

100 Isaac Newton; *Principios...*, op. cit., p. 659.

*para rehuir cualquier cuestión sobre la naturaleza o cualidad de esta fuerza, que no pretendemos determinar mediante hipótesis alguna*¹⁰¹.

Pero la ausencia de interpretación física de la gravitación, bajo la apariencia de una independencia de la metafísica, en realidad pretendía ocultar su contradicción con la exigencia mecanicista de explicar toda variación de la inercia por acción directa de otro cuerpo o medio contiguo. La verdadera causa de la restricción formalista a toda interpretación física fue en cambio disfrazada por el propio Newton al final de los *Principia* bajo la retórica de un rigor experimentalista:

... Hasta el presente no he logrado descubrir la causa de esas propiedades de gravedad a partir de los fenómenos, y no finjo hipótesis. Pues todo lo no deducido a partir de los fenómenos ha de llamarse una hipótesis, y las hipótesis metafísicas o físicas, ya sean de cualidades ocultas o mecánicas, carecen de lugar en la filosofía experimental¹⁰².

Este abstencionismo ontológico volverá a ser reiterado por Newton en la Cuestión 31 de la Parte I del Libro III de la *Óptica*. En realidad, se trataba de un escape a problemas ontológicos objetivos que sí preocuparon a Descartes (quien había llegado a la conclusión de que no era posible reducir la Física a un simple formalismo) en su interpretación física de la gravitación. Fueron este tipo de problemas los que hicieron recurrir a Descartes a la hipótesis del *éter* o *materia sutil*, y a la del *vórtice* o *torbellino inicial*.

Newton, en cambio, no arriesgó ninguna interpretación física del asunto. Eludiendo los problemas ontológicos de fondo, llegó a sugerir –de manera más inconsecuente aún con su método mecanicista y con su epistemología baconiana– que el orden gravitatorio podía ser explicado como consecuencia de un designio divino, recurriendo al viejo argumento del “orden natural” de la teología tomista¹⁰³ o a un azar extremo.

101 Isaac Newton; “Sistema del mundo”, en *Principios...*, *op. cit.*, p. 823.

102 *Ibid.*, p. 817.

103 Isaac Newton; *Óptica...*, *op. cit.*, p. 320.

Desagrado y reformulaciones

Como ya señalamos, hasta un newtoniano incondicional como Maupertuis, lanzó un duro reproche a esta inconsecuencia del sistema newtoniano:

... La alternativa de un designio o del azar extremo, no está fundamentada sino en la *impotencia* en que se está *en el sistema de Newton de dar una causa física de esta uniformidad*. Para otros filósofos que admiten un fluido que arrastra los planetas o que solamente modera su movimiento, la uniformidad de su curso no parece inexplicable¹⁰⁴.

Bernard Cohen ha señalado también cómo la propia comunidad científica de la época mostró su desagrado interior por la solución teórica newtoniana de separar de manera metodológicamente tan débil los problemas matemáticos de su interpretación física:

En la época de Newton, la discusión fundamental en torno a la ciencia de los *Principia* no versaba sobre cuestiones técnicas... El desacuerdo con el sistema newtoniano, e incluso su rechazo, se basaba en una genuina preocupación acerca de si un cuerpo podía real y verdaderamente “atraer” a otro cuerpo a través de inmensas distancias de varios cientos de millones de millas. Antes incluso de la publicación de los *Principia*, Huygens expresó su desagrado acerca de este mismo problema en una carta a Fatio de Duillier (11 de julio de 1687), diciendo que esperaba que Newton no *nos regale con suposiciones como la de la atracción* ¹⁰⁵.

Posteriormente a Newton surgieron diversos intentos de reformulación al interior del sistema atomista newtoniano, la paradoja de la gravitación y el vacío (o de la “acción a distancia”). Ya hemos mencionado el caso de Pascal y Boyle, quienes buscaron reformular

104 P.L. Moreau de Maupertuis; *El orden verosímil...*, op. cit., p. 106. Énfasis nuestro.

105 Cohen. I. Bernard; *La revolución newtoniana y...*, op. cit., p. 89.

el concepto de vacío frente a la objeción de Descartes a la naturaleza filosóficamente paradójica de dicho concepto.

Un caso relevante fue el del notable físico y matemático suizo Leonhard Euler (1707-1783), quien reformuló los conceptos de *cuerpo material*, *espacio vacío* y *movimiento inercial*, para derivar de ahí la noción de fuerza y gravitación. Esto le permitió, en cierto modo, compatibilizar la hipótesis del vacío y del éter, y dejar intactas las bases ontológicas del atomismo mecanicista.

De una manera rigurosamente axiomática, Euler afirmó que el concepto más primitivo de la Mecánica teórica era el de *espacio vacío*. Éste se encontraba presupuesto en la primera ley del movimiento o principio de inercia:

Para describir estas leyes se comienza por considerar un solo cuerpo, abstracción hecha de todos los demás, como si no existieran¹⁰⁶.

En consecuencia,

... quien quiera negar el espacio absoluto caerá en gravísimas dificultades... no sólo debe rechazar las leyes que se apoyan en este principio, sino que también está obligado a afirmar que no se dan leyes del movimiento¹⁰⁷.

Esto contiene una clara alusión a las consecuencias paradójicas que implicaría la eliminación del espacio vacío planteada por Descartes. La fuente teórica de la antinomia que llevó a Descartes a cuestionar este supuesto fundamental de la Mecánica sin ver sus terribles consecuencias estaría, para Euler, en la confusión engendrada por su definición teórica unilateral del cuerpo material y del espacio vacío:

Los cartesianos dicen que la naturaleza de los cuerpos consiste en la extensión... pero nos preguntamos al mismo tiempo si todo aquello

106 Leonhard Euler; *Reflexiones sobre el espacio, la fuerza y la materia* (Selección de textos). Madrid, 1985, Alianza Editorial, pp. 111-112.

107 *Ibid.*, p. 26.

que tiene una extensión es un cuerpo, lo cual es lo que debería suceder si la definición de Descartes fuera exacta¹⁰⁸.

Pero resulta que el espacio es también una extensión, pero no es un cuerpo. Más aún, el “espacio vacío es una extensión sin cuerpos”, y lo mismo podríamos decir del espectro luminoso. En consecuencia, “es necesario algo más para constituir un cuerpo, la definición de los cartesianos no es suficiente. Pero ¿qué es lo que se requiere, además de la extensión, para formar un cuerpo?”

Para Euler la diferenciación de un punto material extenso con respecto al espacio que también es extenso es la “movilidad”. Distinguimos el cuerpo del espacio a partir del movimiento del primero. No obstante, Euler observa que de esto no se sigue inmediatamente lo inverso, es decir, la inmovilidad del vacío, pues es posible imaginar – si tomamos un punto de referencia lejano al objeto en movimiento – el traslado simultáneo de un entorno vacío.

Es por tanto necesario, en la definición del cuerpo material, algo más que extensión y movimiento: “se precisa materia para constituir un cuerpo”. Pero, ¿en qué se distingue la materia del vacío?, se pregunta Euler. “En la impenetrabilidad”. Esta propiedad se deriva de la masa o, dicho en otras palabras, “de la imposibilidad de que dos cuerpos ocupen a la vez el mismo lugar”¹⁰⁹. En consecuencia, el cuerpo material debe ser definido como un “extenso impenetrable”¹¹⁰.

Para Euler esta impenetrabilidad era, a su vez, la fuente de la resistencia espontánea de todo cuerpo material a cambiar su estado inercial por acción de cualquier otro cuerpo. De aquí se sigue la posibilidad de definir la inercia como primera ley del movimiento de los cuerpos materiales de manera independiente a la hipótesis del vacío.

108 *Ibid.*, p. 105.

109 *Ibid.*, pp. 106 y 107.

110 En realidad Euler parece haber axiomatizado los argumentos ontológicos de Pierre Gassendi en pro de la concepción atomista y contra la reducción geométrica de Descartes. Gassendi consideró un fraude la definición de la materia como extensión, estableciendo la movilidad, la impenetrabilidad y la discontinuidad. Cf. Alexandre Koyré; “Gassendi y la ciencia de su tiempo”, en *Estudios de historia...*, op. cit., p. 310.

A su vez, de esta impenetrabilidad de la materia se deriva no sólo la gravitación sino todas las fuerzas naturales con las que los cuerpos se resisten a la acción de otros cuerpos modificándose la inercia de los demás y mutuamente:

Es, pues, la impenetrabilidad de los cuerpos la que encierra el verdadero origen de las fuerzas que modifican continuamente el estado de los cuerpos en este mundo. Esta es la verdadera explicación del gran misterio que tanto ha atormentado a los filósofos¹¹¹.

En consecuencia, la atracción gravitatoria no es una propiedad que se deriva intrínsecamente de los cuerpos (de su masa inercial), sino el resultado de alguna acción externa de un cuerpo sobre otro. Y en la medida que no es razonable creer en la acción de un cuerpo sobre otro a distancia y en el vacío (como los planetas), para Euler "... es siempre preferible creer que lo que denominamos atracción es una fuerza contenida en la materia sutil que llena todo el espacio del cielo, aunque desconozcamos la manera cómo actúa. Hay que acostumbrarse a admitir nuestra ignorancia sobre gran cantidad de cosas importantes"¹¹².

No obstante, la alternativa de Euler era una solución ecléctica y de compromiso, y no abordaba los problemas filosóficos de fondo, como hasta cierto punto fue el intento de Descartes. Pero era necesario una mayor extensión de las paradojas teóricas de la física misma, para que fuera posible retomar el problema cartesiano con mayor amplitud.

El carácter paradójico de la "acción a distancia" originado en la mecánica moderna por el supuesto de la existencia del espacio vacío, dejó finalmente sólo dos alternativas de interpretación.

Por un lado, la que podríamos caracterizar como una interpretación relacionista-idealista o relativista extrema, propuesta entre otros por Leibniz, en la cual el "espacio vacío" es concebido como una

111 *Ibid.*, p. 133.

112 *Ibid.*, p. 127.

hipotética familia lógica de todas las relaciones geométricamente posibles, pero no reales, entre todos los objetos materiales posibles, y por tanto, con una existencia sólo ideal y no como una sustancia física independiente de los objetos físicos. Ello permitía salvar la paradójica "extensión de la nada" denunciada por Descartes¹¹³.

Por otro lado, la tesis substancialista de Newton, quien era un defensor acérrimo del espacio y tiempo absolutos como una suerte de receptáculo físico independiente de los objetos físicos, en la medida que podemos establecer observacionalmente (y no sólo teóricamente) la diferencia entre los movimientos inerciales y los no-inerciales. Dicha distinción sería imposible si todos los movimientos fueran meramente relativos¹¹⁴.

El asunto es que todavía a fines del siglo XVIII (1796), el viejo Kant, el más consistente defensor de los principios metafísicos de la ciencia newtoniana, reconocía con malestar la imposibilidad de encontrar una justificación teórica consistente a la paradoja planteada por la gravitación newtoniana: "... el sistema de la gravitación universal de Newton se mantiene, si bien conlleva la dificultad de no poder explicar cómo es posible la acción a distancia"¹¹⁵.

113 "Es una relación, un orden, y no sólo entre los seres existentes, sino también entre los seres posibles, considerados como si existiesen". Leibniz, G.W.; *Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano*. Madrid, 1977, Ed. Nacional, Lib. II, Cap. XIII, p. 169.

114 Sklar, Lawrence; *Filosofía de la física*, op. cit., pp. 42-43.

115 Kant, I.; *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*. Madrid, 1989, Alianza Editorial, p. 41.

III

Teoría de la luz: La crisis asoma por el formalismo

“Recordé que Einstein me había dicho: ‘Es siempre la teoría la que decide lo que se puede observar’.”

W. HEISENBERG

EL PUNTO MÁS ALTO ALCANZADO por la Física moderna en la comprensión de los procesos naturales fue posiblemente en el terreno de los fenómenos luminosos, y fue finalmente en este punto donde la concepción mecánica encontraría los elementos iniciales de su crisis paradigmática.

Newton describió la luz de acuerdo con los principios básicos de la mecánica corpuscular, esto es, como un compuesto de “partículas” o “corpúsculos” diminutos, con un desplazamiento rectilíneo en el vacío, al igual que cualquier cuerpo material.

La prueba más evidente de dicha hipótesis se encontraba en la trayectoria rectilínea que describía la luz, así como en las sombras igualmente rectilíneas que ella trazaba al proyectarse sobre un objeto material cualquiera.

Newton opuso esta hipótesis a la del éter luminoso y la naturaleza ondulatoria del desplazamiento de la luz, elaborada primero por Descartes y luego por el holandés Christian Huygens¹¹⁶.

116 Eran tres los argumentos centrales que Newton va a enarbolar en la *Óptica* contra la tesis ondulatoria de la luz: 1) Si fuera la vibración de un medio fluido no habría calentamiento de los cuerpos por la luz, es decir, no habría fricción o choque de partículas mate-

Tal como lo mostraba la acción refractaria del prisma newtoniano, la experiencia permitía suponer de una manera razonable que la luz solar blanca podía representarse como el resultado de una mezcla o combinación de los corpúsculos pertenecientes a los diversos colores del arco iris.

La disgregación de la luz blanca en múltiples colores podía explicarse entonces como un resultado originado por el choque de estos corpúsculos con las partículas del vidrio prismático en grados de fuerza diferentes, que daban origen a los diferentes colores.

Estas fuerzas serían máximas para los colores cercanos al violeta y mínimas para aquellos cercanos al rojo. En el vacío todos los corpúsculos, al tener una misma velocidad, reflejarían el color blanco.

En principio, la explicación corpuscular newtoniana de la luz satisfacía razonablemente todos los requerimientos mínimos de la experiencia común, y a la vez concordaba de manera sencilla con los requerimientos teóricos corpusculares del formalismo geométrico de la mecánica. De hecho, la casi totalidad de los físicos aceptaron la teoría de Newton como la más razonable y productiva prácticamente hasta comienzos del siglo XIX.

Sin embargo, un contemporáneo de Newton —el notable físico y astrónomo holandés Christian Huygens (1619-1695)— en forma casi solitaria impugnó la interpretación corpuscular newtoniana de la luz por no poder explicar el fenómeno de la interferencia.

En su célebre *Tratado de la luz* (1690) sostuvo lo siguiente:

... cuando se considera la enorme velocidad con que la luz se propaga por todas partes, y que cuando vienen de distintos puntos aunque sean totalmente opuestos, *los rayos atraviesan unos a otros sin obstaculizarse*, se comprende bien que cuando vemos un objeto luminoso, esto no podría verificarse por el transporte de una materia

riales; 2) Si fuera un fluido, la luz no se propagaría en "línea recta" ni proyectaría "sombras rectas" sino envolventes; y 3) De existir un medio fluido en el espacio interestelar no se darían "los movimientos regulares y tan duraderos de los planetas", pues éstos, como producto de la resistencia del medio tenderían a descender, salvo que se tratase de un medio tan raro que no ofreciese resistencia alguna a la gravedad, es decir, imponderable. Newton, Isaac; *Óptica, op. cit.*, Lib. III, Part. I, Cuestión 28, pp. 313, 314 y 316.

que viniera del objeto hasta nosotros, como una bala o una flecha que atraviesa el aire, pues seguramente esto repugna demasiado a estas dos cualidades de la luz, y especialmente a esta última. *Es, pues, de otra manera que la luz se propaga*, y es el conocimiento que tenemos de la propagación del sonido en el aire lo que puede conducirnos a comprenderla”¹¹⁷.

El fenómeno de la interferencia llevó a Huygens a suponer que la luz no constituía una entidad material independiente. Al igual que el sonido, se trataría de la vibración de un “medio”, sólo que “invisible e impalpable”. Lanzó entonces la hipótesis de un movimiento “paulatino” que se produciría en la forma de “ondas esféricas”.

La hipótesis de Huygens implicaba necesariamente la existencia de alguna “materia intermedia” vibrante, diferente del aire y existente en el propio vacío, dado que la luz –a diferencia de las ondas sonoras– se desplaza en el vacío (cuando, por ejemplo, atraviesa el espacio vacío existente entre el sol y la Tierra). A esta hipotética “materia vibrante” intermedia, Huygens la denominó “éter luminoso”.

Desde el punto de vista estrictamente teórico, la hipótesis de Huygens era físicamente menos artificiosa y formalmente más simple que la complicada multiplicación de sustancias y variables operacionales que exigía la teoría de Newton, la cual postulaba un corpúsculo distinto para cada color.

La hipótesis de Huygens, en cambio, reducía el fenómeno luminoso a una sola sustancia vibratoria, eliminaba toda misteriosa “acción a distancia” a través del vacío y daba cuenta del fenómeno de la no interferencia, que era inexplicable para la teoría corpuscular de Newton. Sin embargo, la teoría ondulatoria de Huygens no fue generalmente aceptada por los físicos de la época, y no sin ausencia de razones.

El problema no estaba en la estructura matemático-formal. La teoría ondulatoria era compatible con la concepción corpuscular mecanicista, pues se basaba en la óptica geométrica de Descartes. En

117 Huygens, Christian; “Tratado de la luz”, en *La teoría ondulatoria de la luz*. Buenos Aires, 1945, Ed. Losada S.A., p. 39. (subrayado nuestro).

ella, el concepto de onda se puede reducir al movimiento de partículas que —de acuerdo con la teoría cinética— constituyen la materia. La interpretación de los fenómenos acústicos se basa también en dicho concepto.

La dificultad emergía —una vez más— en la *interpretación física* de dicha materia vibrante, exigida por los presupuestos ontológicos de la Mecánica moderna. Huygens tenía que probar de alguna manera la existencia física —esto es, ponderable— del éter luminoso.

Pero la postulación de su existencia “en el vacío” hacía que —a diferencia del aire, plenamente detectable— el éter resultara tan indetectable como las archicriticadas “causas ocultas” de los escolásticos.

Se trataría de una materia casi “carente de masa” (no sería detectable en el vacío) y capaz de no ejercer ninguna interferencia o perturbación del movimiento inercial y rectilíneo de los cuerpos materiales en el vacío, de manera que no perjudique el axioma medular (ley del movimiento inercial) de toda la mecánica clásica. Dicho en otras palabras, se trataría de una sorprendente entidad material que no interacciona con los cuerpos materiales y ni siquiera interfiere consigo misma, era casi un fantasma.

La hipótesis ondulatoria encadenaba a su vez otra dificultad. Tenía que demostrar la existencia del fenómeno llamado “disfracción de la luz”. Esta es una característica teórica por la cual cualquier onda física, al chocar con un obstáculo, lo bordea y envuelve.

Esto implicaría que la luz, al chocar con un cuerpo opaco o sólido no debería proyectar sombras perfectamente nítidas sino graduales. Inversamente, la teoría corpuscular de Newton implicaba la existencia de sombras nítidas como resultado de la trayectoria rectilínea de los corpúsculos materiales de luz.

La experiencia cotidiana mostraba, sin embargo, que la luz no proyectaba sombras graduales y envolventes, sino una rígida sombra rectilínea sobre el borde del obstáculo iluminado, y esto estaba más de acuerdo con la explicación teórica de Newton.

Huygens contraargumentaba que esto no era sino una mera “apariencia”, debido al carácter sumamente pequeño de las ondas luminosas. Deducía esta tesis de una cuestión evidente: la altísima velocidad

de la luz, velocidad que Galileo había calculado infinita (instantánea) y él calculaba “superior a seiscientos mil veces la del sonido”¹¹⁸.

Desgraciadamente, Huygens tampoco pudo demostrar esta hipótesis. Recordemos que la medición de la velocidad de la luz sólo se pudo hacer a mediados del siglo XIX por los trabajos de Foucault y Fizeau.

Una tercera dificultad, de origen exclusivamente formal pero de profundas connotaciones ontológicas, asomaba en el horizonte de una perspectiva ondulatoria de la luz. Habíamos dicho que desde el punto de vista teórico-matemático, el concepto de onda es geoméricamente susceptible de descomponerse en sus puntos constitutivos, siendo por tanto compatible con una interpretación física corpuscular mecanicista.

No obstante, el problema de la interpretación física de una onda geométrica presenta una cierta complejidad, pues es posible distinguir —por su direccionalidad— entre el movimiento propio de las partículas o puntos materiales, y el movimiento o perturbación del “estado del medio” que vibra. Cuando ambos movimientos coinciden se dice que se ha formado una “onda longitudinal”. En tal caso, la onda no es sino la trayectoria abstracta misma del punto material en movimiento.

Cuando este no es el caso, se le denomina onda transversal (o plana). Aquí, la onda propiamente dicha (perturbación del estado del medio) se propaga en dirección del radio de una esfera, mientras que la partícula se mueve perpendicularmente en esta dirección.

A modo de ilustración, imaginémonos un objeto material vibrante incrustado en la superficie de un medio gelatinoso. El sentido de su vibración será de arriba hacia abajo alternativamente, arrastrando las partículas de la gelatina en esa misma dirección.

Entonces veremos cómo las ondas que se forman en la superficie gelatinosa se moverán perpendicularmente al movimiento de las partículas como dirigiéndose hacia los bordes del recipiente que contiene la substancia gelatinosa. La interpretación física de la onda geomé-

118 Huygens, Christian; “*Tratado...*”, *op. cit.*, p. 45.

trica estará en consecuencia indisolublemente asociada, o mejor dicho dependerá, de la “densidad del medio vibrante”.

Esto significa que no bastaba con la postulación del éter luminoso para sostener la teoría ondulatoria de la luz; se tenía que determinar específicamente la densidad del medio vibrante, y con ello, la estructura de las ondas luminosas.

Era de suponer, en consecuencia, que dada la existencia indetectable del *éter luminoso* en el vacío, se trataría *no* de un medio denso como el de una gelatina, sino de un medio extremadamente fino y sutil (por ello Huygens la denominaba “materia sutil”), al que correspondería necesariamente un tipo de onda longitudinal. Resultaría por el contrario absurdo que se tratara de un medio denso y gelatinoso y que no hubiera sido fácilmente detectado en el vacío, al perturbar el movimiento inercial de los planetas.

Para desgracia de la armonía teórica de la Mecánica, los trabajos e investigaciones del genial matemático e ingeniero francés Agustín Fresnel (1788-1827), condujeron a encontrar una completa explicación teórico-matemática de todos los fenómenos de la difracción de la luz, demostrando que la naturaleza ondulatoria de la luz era completamente compatible con su propagación rectilínea en un medio homogéneo.

Pero lo más importante fue el hecho de que sus demostraciones lo condujeron teóricamente a la necesaria conclusión de *la naturaleza transversal de las ondas luminosas* como la única manera de conciliar la difracción con la propagación rectilínea. Fueron posteriormente Young y Fizeau quienes establecieron experimentalmente la inmensa productividad del aparato formal propuesto por Fresnel.

En conclusión, el propio desarrollo teórico de la Mecánica clásica originó un efecto crecientemente paradójico. Resultaba que el vacío (hipótesis fundamental para sostener la ley del movimiento inercial) estaba “lleno” de *éter luminoso*, indispensable para explicar las interacciones luminosas en el vacío previamente supuesto.

Por otro lado, resultaba teóricamente necesario que dicho *éter luminoso* o *substancia sutil* tuviera una consistencia densa y gelatinosa para poder explicar la naturaleza transversal de las ondas que exigían las ecuaciones de Fresnel. Pero el éter luminoso resultaba expe-

rimentalmente imponderable o indetectable, lo que entraba en contradicción con la exigencia teórica de una materia sumamente densa.

Finalmente, resultaba absurdo descartar la existencia del éter; sería como afirmar que “vibraba el vacío”. El entrapamiento teórico asomó como una contradicción entre el formalismo necesario para la representación y cálculo simbólico del fenómeno luminoso y la interpretación física necesaria de dicho formalismo.

IV

La Electrodinámica clásica: La antinomia generalizada

*“Para encontrar la alcachofa real,
la hemos despojado de sus hojas.”*

LUDWIG WITTGENSTEIN

COMO CONSECUENCIA DE LOS TRABAJOS de Huygens, Fresnel, Young, Fizeau y otros, hacia la primera mitad del siglo XIX la óptica –sostenida en la hipótesis *ad hoc* del *éter luminoso*– aparecía como una pieza del rompecabezas que no se sabía exactamente como encajaría en el conjunto teórico de la Física newtoniana.

Para descifrar este enigma fue necesario el desarrollo de otras dos ramas de la Física que hasta entonces no tenían nada que ver con la óptica: la Electricidad y el Magnetismo. Esta investigación se produjo desde comienzos del siglo XIX en forma completamente paralela e independiente de los estudios sobre la naturaleza de la luz, y condujo finalmente a proporcionar las piezas restantes del enigmático rompecabezas que va a terminar configurando la teoría electrodinámica clásica.

De hecho, la Física moderna había llegado a describir en términos mecánicos los fenómenos de la electricidad y el magnetismo, como si se tratara también de una interacción entre partículas materiales. Éstas estaban configuradas como *polos magnéticos* y *cargas eléctricas* (positivas y negativas) de acuerdo a las leyes de Coulumb,

y en los mismos términos formales que la ley de gravitación de Newton.

Estas interacciones eran geoméricamente descritas mediante el uso de las llamadas *líneas de fuerza*, que permitían establecer la distancia y direccionalidad de las interacciones entre dos polos o cuerpos materiales magnéticos o eléctricos.

No obstante, dicha descripción se empezó a complicar hacia principios del siglo XIX con los resultados de las investigaciones del físico italiano Alessandro Volta. Éste construyó la llamada pila eléctrica (voltaica) con el objeto de estudiar experimentalmente la mecánica de funcionamiento físico de las leyes de Coulumb. Nuevamente el formalismo era confrontado con su interpretación física.

En la pila voltaica, dos placas metálicas de diferente potencial (una de cobre y otra de zinc), cargadas de electricidad positiva y negativa —en donde la de cobre tiene más alto potencial que la de zinc— eran sumergidas respectivamente en dos recipientes llenos de una solución acuosa de ácido sulfúrico y luego unidas por un alambre conductor.

De acuerdo con las leyes de Coulumb, debería producirse un flujo eléctrico de una a otra, de manera de anular la diferencia de potencial, con lo que al restituirse el equilibrio debía cesar todo flujo eléctrico de una a otra placa. Pero, ¿qué fue lo que sucedió cuando se realizó dicho experimento? Él mismo Alessandro Volta informó en los siguientes términos:

... sus cargas se restablecen inmediatamente después de cada descarga; en una palabra, este hecho proporciona una carga ilimitada o crea una impulsión o acción perpetua del fluido eléctrico¹¹⁹.

En otras palabras, se producía un fluido eléctrico constante, ahí donde según las leyes de Coulumb —tratándose de un sistema aislado— éste debía agotarse y cesar. La regeneración constante de la diferencia de potencial era como si de pronto el flujo eléctrico adquiriese una vida propia, independiente de su fuente emisora material.

119 Cit. por Albert Einstein y L. Infeld; *La física, aventura del pensamiento...* op. cit., p. 105.

Más aún, Volta pudo observar que en el curso del flujo eléctrico se generaba una notable cantidad de calor en el alambre que conducía la corriente eléctrica, con lo cual asistíamos a todo un proceso de producción y transformación de energía química en eléctrica y de energía eléctrica en energía calorífica, poniendo en jaque el principio mecánico de la cantidad constante de energía. Las que antes eran consideradas entidades independientes resultaban ahora momentos de un flujo continuo.

El físico danés Christian Oersted llevó aún más allá el descubrimiento de estas interacciones. Utilizando una pila voltaica en la que el alambre conductor une la placa de zinc y de cobre en forma de una herradura en un circuito cerrado, y colocando una aguja magnética en el centro, ésta comenzó a girar al paso de la corriente eléctrica, poniendo en evidencia también la relación existente entre electricidad y magnetismo.

Pero algo más importante aún se reveló en el experimento de Oersted: la aguja no se encontraba en contacto directo con el alambre, es decir, en la "línea de fuerza" de la corriente eléctrica, sino en *posición perpendicular* a dicha línea, sin tocarla directamente. Se trataba, en consecuencia, de una interacción diferente a las conocidas interacciones "lineales" simples (líneas de fuerza entre dos puntos) con las que trabajaba el aparato formal de la Mecánica moderna. Ahora resultaba que las fuerzas electromagnéticas revelaban su existencia en todo un "campo" difuminado alrededor de los cuerpos materiales.

Más aún, dicho "campo" no parecía ser un mero epifenómeno o propiedad de un cuerpo estático, sino más bien parecía tener consistencia y hasta vida propia de origen muy distinto, pues según la experiencia de Oersted, un cuerpo cargado eléctricamente, al emitir corriente eléctrica —es decir, sólo cuando la carga empieza a moverse— produce un "campo magnético". Resulta entonces que este campo no era creado por el cuerpo mismo (que sólo produce un campo electrostático), sino por el movimiento de la carga *eléctrica*. Debido a ello, la intensidad del campo eléctrico y del campo magnético variará *dependiendo de la velocidad de la corriente, es decir, independientemente del cuerpo material* estático que la produce.

A los experimentos de Oersted se añadieron los del genial físico inglés M. Faraday, quien demostró experimentalmente el proceso inverso: la variación de un campo magnético resulta creando también un campo eléctrico.

Las conclusiones fueron de tremenda importancia para la relación entre la estructura teórica formal y la interpretación física de la mecánica. Las variaciones en la intensidad del campo (electromagnético) *no dependen ahora de la distancia entre dos cuerpos* materiales (como exigía el modelo ecuacional newtoniano) sino *de la velocidad de las cargas electromagnéticas* (es decir, de una *función temporal*). Se trataba de un *proceso físico realmente autónomo*.

En consecuencia, entre los cuerpos materiales (que en la Mecánica newtoniana aparecía un vacío insalvable), aparece ahora la realidad del *campo electromagnético*. Parecía resucitar —bajo otra forma— la vieja y descartada hipótesis de Descartes y Huygens acerca de una misteriosa “materia sutil” o “éter luminoso”.

El proceso culminó alrededor de 1860, cuando James Clerk Maxwell llevó adelante la hazaña de sintetizar en un sistema de ecuaciones independiente las leyes que rigen el campo electromagnético unificado.

Einstein calificó esta hazaña conceptual como “*el acontecimiento más importante de la Física, desde el tiempo de Newton*”¹²⁰ porque se trataba de una “estructura legal completamente distinta al tipo de leyes existentes en la Mecánica”, cuya característica constituyó, de Maxwell en adelante, el modelo básico del tipo de leyes de la Física contemporánea.

Se trata de leyes de tipo “estructural”¹²¹. ¿Qué quiere decir *estructural*? que los fenómenos electromagnéticos *no están descritos en función de objetos puntuales*, sino como procesos integrados en sí mismos, “...su validez se extiende a todo el espacio, contrariamente a

120 Einstein, A. y L. Infeld; *ibid.*, p. 173.

121 “... las ecuaciones de Maxwell son leyes que representan la estructura del campo. *Ibid.*, p. 177.

las leyes de tipo mecánico, que valen tan sólo para aquellos lugares donde haya materia o cargas eléctricas o magnéticas”¹²².

Más aún, se trata de leyes que *están en función del tiempo* y no exclusivamente de las distancias entre dos partículas o cargas, como en la Mecánica. *No relacionan “objetos” en sus distancias, sino en su sucesión y transformación en el tiempo*. No presuponen dos objetos discontinuos, sino un *proceso continuo* temporal. “Las ecuaciones de Maxwell nos permiten seguir la historia del campo...”¹²³.

La teoría del campo significó todo un viraje conceptual no sólo con referencia a la interpretación física sino también al formalismo que presidía la concepción atomista:

... mientras de acuerdo con Demócrito, la distinción entre lleno y vacío forma la base de la teoría de la sustancia, cualquier teoría de campo está basada en ciertas cantidades descriptivas extendidas sobre el continuo espacio-tiempo de cuatro dimensiones. Las leyes de movimiento y de la sustancia son reemplazadas por ecuaciones diferenciales (de estructura sencilla) en las cuales aparecen, además de los valores de las cantidades descriptivas, las derivadas de estas últimas con respecto a las cuatro coordenadas universales¹²⁴.

A diferencia de la concepción mecanicista moderna, la energía se torna físicamente tan real y ponderable en sí misma como los cuerpos materiales que poseen masa. Una vez emitida por la fuente, el campo electromagnético constituye una especie de “depósito” o “nube” que adquiere existencia y evolución independiente, y las leyes de la electrodinámica lo describen como *variaciones en el estado de un medio*.

Precisamente con la llegada de la Física a este punto, se volvió a plantear un problema teórico decisivo: “... una transferencia de energía, es decir, el desplazamiento de un estado del medio es caracterís-

122 *Loc. cit.*

123 *Loc. cit.*

124 Hermann Weyl; *Filosofía de las matemáticas...*, *op. cit.*, p. 196.

tica de todos los fenómenos ondulatorios"¹²⁵. Entonces, cuando hablamos del campo como desplazamiento de energía, estamos hablando de una *onda electromagnética*.

Más aún, como lo mostró el experimento de Oersted (y luego el de Faraday), al ubicar la aguja en "posición perpendicular" a la propagación del campo, resulta que "la onda producida es pues *transversal*"¹²⁶, lo cual implicaba suponer que se trataba de un medio denso. De todo ello se seguía que las variaciones sucesivas del campo no eran sino variaciones de la longitud de onda o de la densidad del medio.

Establecida esta descripción mediante el conjunto de las llamadas "ecuaciones de Maxwell", el propio Maxwell logró deducir la velocidad de las ondas electromagnéticas en el "vacío" (es decir, suponiendo un grado de densidad mínima que se podría simbolizar como m_0), obteniendo un resultado sorprendente: la velocidad de una onda electromagnética en el vacío resultaba igual a la velocidad de la luz (c), esto es, $m_0 = c$.

La igualdad de velocidades y propiedades ondulatorias llevó a integrar —desde un punto de vista teórico— a todas estas ramas de la Física —aparentemente distintas— en una sola teoría: la Teoría del Campo Unificado (TCU). Ahora, la única diferencia entre las ondas eléctricas, magnéticas y luminosas residía en su longitud de onda.

Con la TCU de Maxwell, la Física moderna alcanzó su más alta homogeneidad teórico-formal, unificando a partir de un solo sistema de ecuaciones, ramas hasta ahora tan distintas e independientes.

Incluso este dominio fue considerablemente ampliado más allá de la electricidad, el magnetismo y la óptica, pues permitió (de manera históricamente análoga a lo que permitió en química la Tabla de Mendeleiev), el descubrimiento posterior de nuevas clases de ondas que sólo diferían por su longitud.

Estas nuevas ondas habían permanecido "ocultas" a la experiencia humana, porque no impresionaban directamente en nuestros sentidos, pero revelaban indirectamente su existencia ejerciendo accio-

125 A. Einstein y L. Infeld; *La física, aventura...*, op. cit., p. 179.

126 *Ibid.*, p. 180.

nes como el calentamiento térmico, efectos fotoeléctricos, etc. Se abrió ante el conocimiento humano todo el mundo de las llamadas “radiaciones de ondas”, de las cuales la luz visible sólo constituía un pequeño grupo.

Gracias a las ecuaciones de Maxwell fue posible conocer radiaciones cuya longitud de onda varía desde cincuenta kilómetros (el caso de las ondas hertzianas que se emplean en la telefonía sin hilos), hasta ondas de una longitud de la diez milésima de millón de un milímetro como las radiaciones infrarrojas, de fuerte efecto calórico, las ultravioletas y los rayos X.

Y aquí llegamos nuevamente al punto de partida histórico-teórico de nuestra tesis: emergían dos grandes realidades con existencia física independiente y con características opuestas. Por un lado, la Materia, compuesta por corpúsculos o partículas discontinuas y poseedoras de masa. Por otro lado, las Radiaciones, con propiedades ondulatorias completamente continuas y carentes de masa.

La teoría del campo unificado de Maxwell, si bien condujo a superar la excepcionalidad de la óptica ondulatoria al unificar la teoría electrodinámica, condujo también a una nueva y más generalizada paradoja al explicar las relaciones entre ambas entidades físicas: la radiación y la materia. Esto es, al tratar de explicar el hecho perceptible por la experiencia cotidiana, de cómo la materia o los cuerpos materiales son capaces de absorber y emitir energía.

Desde el punto de vista teórico, explicar esta relación significaba formular una sola Teoría General de la Física, que con un solo sistema de ecuaciones pudiera describir el conjunto de interacciones del mundo físico entre materia y energía.

Ésta no constituía una exigencia puramente teórica o estética, sino una necesidad real, pues es evidente que en el mundo real materia y energía no existen como entes separados sino interrelacionados.

Se trataba, en consecuencia, de relacionar análogamente las dos grandes teorías en que se encontraba dividida la Física teórica: la Mecánica y la Electrodinámica, en una teoría más general del mundo físico.

Las ecuaciones de Maxwell parecieron presentar los requisitos matemáticos básicos para realizar esta hazaña unificadora que permi-

tiera describir en detalle los fenómenos eléctricos en el seno de los corpúsculos elementales de materia.

Dicho en otras palabras, se trataba de reducir –una vez más a la manera mecánica atomista– la estructura continua-ondulatoria de la energía, a la estructura corpuscular discontinua de la materia.

Esta tarea fue llevada adelante por el holandés H.A. Lorentz, discípulo de Maxwell y uno de los grandes pioneros de la Física teórica contemporánea. Lorentz extrapoló las ecuaciones continuas de Maxwell hasta que sus valores alcanzaran la forma mínima requerida para el estudio de los fenómenos corpusculares.

Esto permitió a Lorentz introducir en las ecuaciones del electromagnetismo una estructura discontinua, como si fueran corpúsculos elementales o unidades mínimas de electricidad a las cuales dio el nombre genérico de “*electrones*” –sugerido por Thomson y Stoney como interpretación física de supuestas partículas que transportaban los rayos catódicos– y supuso que toda la materia estaba formada de combinaciones de estos corpúsculos.

Lo que nosotros llamamos vulgarmente un cuerpo cargado eléctricamente, sería un cuerpo que contiene en total más corpúsculos que conducen electricidad de un cierto signo, que corpúsculos que conducen electricidad del signo contrario. Un cuerpo eléctricamente neutro sería definido como un cuerpo que contiene cantidades iguales de corpúsculos que conducen las dos clases de electricidad¹²⁷.

Aunque parecía un mero regreso al mecanicismo atomista tradicional, en realidad con Lorentz se comienza a introducir un cambio totalmente revolucionario del concepto de materia. Ahora la materia resultaba intrínsecamente cargada de energía. Nos daba una imagen completamente opuesta al corpúsculo material (sólo poseedor de masa inercial constante) de la mecánica newtoniana¹²⁸.

127 De Broglie, Louis; *La física nueva y...*, op. cit., pp. 72-73.

128 “La materia está formada por electrones portadores de cargas enormes, y si nos parece neutra, es porque las cargas de estos electrones se compensan... la suma algebraica de todas estas sumas sería nula”. A partir de esta conclusión de las ecuaciones de Lorentz, Poincaré infirió la siguiente disyuntiva: Dado que la suma total sería nula, la noción de masa como entidad invariante se desvanece, entonces sólo caben dos hipótesis, o supone-

Este cambio profundo originó, en efecto, una disyuntiva sutilmente aporética, pues por un lado la solución de Lorentz siguió siendo en principio compatible con la imagen corpuscular de la mecánica moderna, ya que el desplazamiento de la electricidad era vista ahora como el desplazamiento de estos corpúsculos. La teoría de los electrones simplemente proporcionó a la Física una solución atomista “fina” para explicar el fenómeno de la emisión o absorción de radiación por la materia. Compatibilizó en dicho sentido las ondas electromagnéticas continuas con la estructura atómica discontinua de la materia¹²⁹. Así mismo, la teoría de Lorentz-Maxwell permitió hasta cierto punto sortear la incómoda y contradictoria hipótesis del éter luminoso: “... pues no exige ya que la vibración luminosa sea la vibración de algo; pues se puede suponer la vibración luminosa definida únicamente por vectores”, es decir, como meras proyecciones arbitrarias que en última instancia se pueden reducir a electrones “realmente existentes”¹³⁰.

Por otro lado, estos “nuevos corpúsculos” no parecían encajar en el mapa previamente establecido por las leyes de la Mecánica newtoniana. A diferencia de los anteriores, estos “corpúsculos” carecen de masa inercial constante, pues su masa transversal se reduce en la dirección del movimiento (como si se achataran) conforme aumenta su velocidad (y por tanto su resistencia inercial). Pero esto implica que se problematiza también el principio newtoniano de igualdad entre acción y reacción que supone dicha constancia. Más aún, si el cociente de inercia crece con la velocidad, de ello se sigue que igualmente debe

mos la existencia de otros átomos neutros, carentes de carga (masa electromagnética) y por tanto con una masa real positiva constante tal como demandaría la mecánica moderna para poder explicar el fenómeno de la estabilidad de la materia, o por el contrario había que atenerse a lo recién descubierto, “pero entonces la masa real se desvanece y la palabra masa (como entidad) carece de sentido... no será ya más constante, la masa transversal no será ya más igual a la masa longitudinal y los principios de la mecánica se habrán derribado”. Poincaré, Henri; *Ciencia y método*, op. cit., pp. 160-162.

129 “La teoría de los electrones ha parecido traer también la solución de un problema capital: el origen de la emisión de las radiaciones por la materia”. De Broglie, Louis; *La física nueva y...*, op. cit., p. 75.

130 De Broglie, Louis; *ibid.*, p. 78.

crecer el coeficiente gravitacional. Ahora que la Mecánica moderna parecía haber alcanzado el punto más alto de su unidad teórica, una contradicción sin salida se comenzaba a generalizar a todo lo largo de la relación entre su interpretación física y su formalismo matemático:

- a) *Desde el punto de vista de su interpretación física*, la contradicción emergía al explicar el origen de la emisión de radiaciones por la materia. Al explicar la teoría de Lorentz, el nacimiento de las ondas electromagnéticas como producto del *movimiento continuo* de los electrones alrededor del átomo entra en profundas contradicciones con el principio mecánico del equilibrio termodinámico entre materia y radiación.

En otras palabras, el movimiento de los electrones alrededor del átomo, que genera la emisión de ondas de radiación (campo), llevaría, según las leyes de la termodinámica, a la inestabilidad completa del átomo debido a que la continua emisión de energía provocaría su agotamiento y destrucción.

La experiencia nos revelaba, por el contrario, la estabilidad del átomo, y esto implicaría que los electrones no estaban en movimiento. Pero si no estuvieran en movimiento, resultaría inexplicable la emisión de ondas del campo electromagnético continuo, según la propia electrodinámica clásica.

En conclusión, la naturaleza continua de las ondas electromagnéticas y la discontinuidad de las partículas se revelaban como opuestos mutuamente excluyentes. No había otra alternativa, o la electrodinámica fallaba en su descripción ondulatoria de la energía, o la mecánica no podía constituir un fundamento para la interpretación física de los fenómenos electromagnéticos.

- b) *Desde el punto de vista del formalismo matemático*, otra gran contradicción se revelaba en el intento de unificar la Mecánica y la Electrodinámica.

La unificación de las leyes que rigen el movimiento de los cuerpos materiales (Mecánica) y de las leyes que rigen el movimiento del campo electromagnético (Electrodinámica) chocaban con el hecho de que las ecuaciones del electromagnetismo no satisficieran el Principio de Relatividad de Galileo, principio fundamental de la mecánica de los cuerpos materiales.

Las ecuaciones de Maxwell y Lorentz no sólo eran diferentes sino opuestas a las ecuaciones de la Mecánica. Del movimiento de las partículas materiales no se podía deducir el movimiento del campo electromagnético.

Dicho en términos más exactos, mientras las ecuaciones del movimiento de los cuerpos materiales de la Mecánica clásica son invariantes para las transformaciones de Galileo, las ecuaciones de Maxwell-Lorentz *no* son invariantes para las transformaciones de Galileo.

Esta contradicción se hacía evidente en la medida en que las ecuaciones de Maxwell-Lorentz describen el campo electromagnético como una especie de depósito de energía, cuya existencia es independiente de su fuente emisora y se expresa en una velocidad constante en el vacío (cerca de los 300,000 kilómetros por segundo) que resulta siempre la misma en todos los sistemas de coordenadas. La velocidad de la luz (que es una onda electromagnética) no depende entonces del movimiento de la fuente emisora, sino que es siempre constante (c). Se dice entonces que las ecuaciones de Maxwell-Lorentz se rigen por el Principio de Constancia de la Velocidad de la Luz (PCVL).

Esto contradecía frontalmente el esquema de medición de la mecánica clásica, en el que la descripción del movimiento de un cuerpo o punto material es siempre relativa a otro punto que sirve como sistema de referencia.

Por ejemplo, describimos la velocidad de un móvil con respecto a la Tierra, al sol, o a cualquier otro cuerpo que denominamos "sistema de referencia" y al que se le da un valor de cero.

Diremos así que un automóvil viaja con respecto a la Tierra a cien kilómetros por hora; y si queremos pasar al sistema de referencia solar simplemente sumaremos o restaremos a la velocidad dada del automóvil, la velocidad de traslación de la Tierra con respecto al sol. Por ello, las ecuaciones de la Mecánica serán invariantes para estas transformaciones.

Pero esto no es posible en el caso de la luz, que las ecuaciones de Maxwell describen como constante (c), esto es, independiente de la velocidad y dirección de los cuerpos que la emitan. De acuerdo con

las transformaciones de la mecánica, la velocidad de la luz debería variar según la dirección del cuerpo emisor.

Esto es así porque, de acuerdo con el Principio de Relatividad de Galileo (PRG), en la Mecánica moderna tiene lugar el Teorema de la Suma de Velocidades (TSV). De acuerdo con él, la velocidad de un movimiento complejo es igual a la suma (vectorial) de las velocidades que lo componen. De ello se sigue la existencia de diferentes velocidades en un mismo móvil cuando lo medimos desde distintos sistemas inerciales.

En la Mecánica moderna, regida por el PRG, si un rayo de luz es lanzado a la velocidad “ c ” con respecto a un sistema de referencia “ K ” que se encuentra en reposo, y si este rayo es emitido por un móvil con una velocidad “ v ” (que tendría un valor menor que la velocidad de la luz), tenemos que *la velocidad de la luz en la dirección opuesta al cuerpo móvil* se describiría de la siguiente manera:

$$V = c - v \text{ (es decir menor que } c \text{)}$$

Sin embargo, la velocidad del mismo rayo de luz con respecto al cuerpo rígido K , si es emitido en la misma dirección del cuerpo móvil, se describiría de la siguiente manera:

$$V = c + v \text{ (es decir mayor que } c \text{)}$$

En otras palabras, de acuerdo al PRG, la luz debería propagarse a diferentes velocidades según la dirección del cuerpo que la emite. Por el contrario, de acuerdo a los principios de la Electrodinámica, “la ley de la constancia de la velocidad de la luz *in vacuo* es una consecuencia necesaria”¹³¹.

Como consecuencia de estas paradojas, hacia finales del siglo XIX la Física moderna se estrelló con la más absoluta de las contradicciones que hubiera podido imaginarse en los tres siglos anteriores, desde los primeros esfuerzos de Galileo.

Las dos teorías físicas fundamentales (la Mecánica y la Electrodinámica) se encontraban edificadas sobre dos principios incompati-

131 Albert Einstein; *Relativity, the Special and General Theory*. New York, 1961, Crown Publications Publishers Inc., p. 19.

bles. Si se quería dar algún paso adelante en la comprensión sistemática y unificada del mundo físico, se estaba ante la disyuntiva de tener que escoger entre el *Principio de la Constancia de la Velocidad de la Luz* (que sostenía todo el sistema de ecuaciones de la Electrodinámica) o el *Principio de Relatividad de Galileo* (sobre el que se sostenía todo el sistema de ecuaciones de la Mecánica newtoniana).

No se trataba de algo sencillo, pues ambos principios resultaban teóricamente consistentes y verdaderos. La pregunta era por la fuente exacta de la contradicción. Ninguno de los dos podía ser abandonado sin el grave riesgo de derrumbar regiones enteras de la Física teórica, y al mismo tiempo ambos eran formal y físicamente incompatibles.

V

Teoría de la relatividad: Un cambio de compromiso ontológico

"En nuestro tiempo el físico está obligado a ocuparse de los problemas filosóficos en mucho mayor medida que debían hacerlo los físicos de las generaciones precedentes. Son las dificultades de su propia ciencia lo que les obliga a ello."

A. EINSTEIN

"Lo que se pide es un cambio en nuestra concepción del mundo, concepción que viene de muy atrás...y que cada uno de nosotros hemos aprendido desde nuestra más tierna infancia. Un cambio en nuestra imaginación es siempre difícil... Copérnico pedía esta misma clase de cambio, cuando enseñó que la tierra no está quieta."

B. RUSSELL

LA SUPERACIÓN DE LAS DOS CONTRADICCIONES alcanzadas en el aparato matemático formal y en la interpretación física de la Mecánica moderna, desembocaron finalmente en el desarrollo de dos grandes nuevas teorías que van a inaugurar la Física contemporánea.

Aunque de manera muchas veces parcial y hasta contradictoria, el debate originado por dichas teorías no va a significar una simple modificación o adecuación del viejo paradigma moderno de cientificidad. Ellas constituirán el inicio de una revolución completa de los presupuestos ontológicos y las bases gnoseológicas de la imagen del mundo físico elaborada por la Mecánica moderna.

Categorías y entidades fundamentales como las de Espacio, Tiempo, Materia, Energía, Vacío y otras, van a sufrir alteraciones que hubieran resultado inimaginables para los grandes pensadores de la modernidad.

Esta alteración de la imagen del mundo material que se va a operar en la Física, no va a consistir en un simple “cambio de tema”, como quien abandona un vestido usado para ponerse uno nuevo. El desarrollo de la racionalidad científica no parece operar en los hechos como la moda, pues paradójicamente la ruptura se va a producir en medio de un colosal esfuerzo por preservar la continuidad de lo que se consideró como el núcleo racional de todo el activo cultural acumulado en más de trescientos años de ciencia moderna. La novedad surgió no del intento de huir de la paradojas de la ciencia moderna, sino del intento de resolverlas internamente.

En oposición a las lecturas nihilistas que sostienen la “inconmensurabilidad” de las revoluciones paradigmáticas en la ciencia, voy a sostener la tesis de que es decisivo recalcar este aspecto de la continuidad para entender la real magnitud del cambio iniciado a comienzos de nuestro siglo. Pienso que sólo este hilo conductor nos permitirá ponderar la verdadera proporción del cambio operado y la naturaleza de la crisis contemporánea del pensamiento moderno.

Muchos filósofos e historiadores de la ciencia han enfatizado unilateralmente la “discontinuidad” entre la “nueva Física” y la “Física moderna” con el objeto de sustentar el supuesto carácter meramente conjetural y arbitrario del desarrollo científico, cuya evolución consistiría en una mera sustitución de una teoría por otra, sin unidad ni continuidad alguna.

Pero la crítica de Einstein a la imagen moderna de la naturaleza no partió de una simple crítica externa a la Mecánica newtoniana, calificándola como “falsa”. El mérito teórico de Einstein consistió precisamente en revelar la dialéctica interna de los conceptos de la Mecánica moderna, haciendo emerger de sus mismos presupuestos los elementos de su negación crítica y de su superación teórica.

La crítica einsteniana a la Física moderna partió de establecer que la incompatibilidad entre el Principio de la Mecánica (Principio de Relatividad de Galileo) y el de la Electrodinámica (Principio de la Constancia de la Velocidad de la Luz), no afectaba la validez teórica independiente de ambos principios, sino la *consistencia del contexto categorial en el que estaban inscritos* cuando se pretendió una teoría unificada o, dicho de otro modo, lo que se puso en cuestión fue la

pretensión de universalizar los principios de la Mecánica teórica. Y fue este reexamen categorial el que condujo al problema de los fundamentos ontológicos y gnoseológicos del mecanicismo moderno.

Por ello, Einstein se negó a pretender resolver la verdad o falsedad de estos principios en términos experimentales, tal como pretendió el célebre experimento de Michelson y Morley¹³². Ello no hacía sino confirmar una y otra vez la verdad de ambos principios.

A diferencia de la mayoría de los físicos de su época, Einstein partió de aceptar el hecho de que *ambos principios eran teóricamente, necesariamente verdaderos*. Y fue a partir de la unión teórica de ambos opuestos que comenzó a extraer un conjunto de consecuencias que condujeron a una alteración –hasta entonces insospechada– de las *categorías filosóficas contextuales* más básicas de

132 A.A. Michelson y E.W. Morley; "Sobre el movimiento relativo de la tierra y el éter luminífero", en *La teoría de la relatividad*. Madrid, 1975, Alianza Universidad, selección de Pearce Williams L., pp. 34-35. Véase también M.E. Omelianowsky; *Dialectics in modern physics*. Moscow, 1979, Progress Publishers, p. 124. El propio Einstein ha dicho sobre el asunto: "Cuando yo desarrollé mi teoría, el resultado de Michelson no ejerció sobre mí ninguna influencia sensible. Ni siquiera puedo recordar si lo conocía cuando escribí mi primer trabajo sobre la Teoría Especial de la Relatividad (1905). Esto puede explicarse, sencillamente, por el hecho de que por consideraciones generales, yo estaba firmemente convencido de que no existe ningún movimiento absoluto... Por eso puede comprenderse por qué, en mis investigaciones, el experimento de Michelson no desempeñó papel alguno o, por lo menos, no desempeñó el papel principal." Citado por E.M. Chudinov; *La teoría de la relatividad y la filosofía*. Lima, 1982, Ed. Pueblos Unidos, p. 40. Ver también Gerard Holton; "Sobre los orígenes de la teoría especial de la relatividad", en *American Journal of Physics*, vol. 28, nums. 1-9, 1960, pp. 627-636, reproducido en Einstein, Grünbaum, Eddington y otros; *La teoría de la relatividad*. Madrid, 1975, Alianza Universidad, pp. 113-115.

"Es esencial observar que esta nueva perspectiva se funda en un examen filosófico-crítico de la base evidencial de nuestras inferencias teóricas... un examen epistemológico crítico muy similar... se encuentra en el propio núcleo de la otra teoría fundamental de Einstein sobre el espacio y el tiempo: la teoría general de la relatividad". Sklar, Lawrence; *Filosofía de la física*, op. cit., pp. 20-21.

"A fin de responder, no necesitó ninguna información nueva: se trataba de descubrir un defecto en la cuestión, algo que daba por descontado pero no tenía justificación (...) la clave estaba en la pregunta misma...". Lovett Cline, Barbara; *Los creadores de la nueva física*. México, 1980, FCE, p. 110.

la Física moderna, particularmente las de *Espacio y Tiempo*, de *Materia y Energía*, *Vacío*, *Inercia y Gravitación*¹³³.

Espacio y tiempo

Einstein había reparado en que el principio de la Electrodinámica clásica acerca de la constancia de la velocidad de la luz (a una velocidad cercana a los 300,000 kilómetros por segundo) implicaba, en realidad, que *la propagación de la luz no era instantánea*, esto es, que se produce a una velocidad muy grande pero finita.

Por tanto, si la luz *demora un cierto tiempo* en propagarse en el espacio, ¿cómo podemos, entonces, decir que vemos algo “simultáneamente” o “al mismo tiempo” en que sucede el hecho observado, independientemente del punto de referencia con respecto al cual hacemos la observación?

Si la propagación de la luz no es instantánea sino que tiene una duración, ella será consecuentemente relativa al espacio recorrido en un tiem-

133 El legendario artículo de 1905 “Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento”, en el que Einstein esbozó las líneas generales de la Teoría Especial de la Relatividad, dice textualmente: “... los intentos infructuosos de descubrir algún movimiento de la tierra con relación al ‘medio lumínico’, obligan a sospechar que ni los fenómenos de la electrodinámica, ni los de la mecánica, poseen propiedades que se correspondan con la idea de reposo absoluto... *Eleveamos esta conjetura* (cuyo contenido llamaremos de ahora en adelante ‘Principio de la relatividad’) *a la categoría de postulado*, e introduzcamos además otro cuya incompatibilidad con el primero es sólo aparente, a saber: que la luz se propaga siempre en el vacío con una velocidad *c* independiente del estado de movimiento del cuerpo emisor. *Estos dos postulados bastan para obtener una teoría simple y coherente* de la electrodinámica de los cuerpos en movimiento...” *De Annalen der Physik*, vol. XVII, pp. 891-921; reproducido en Einstein, Grünbaum y otros; *La teoría de...*, *op. cit.*, p. 62.

Einstein volverá nuevamente a insistir en esta dialéctica de su descubrimiento científico en un texto de 1916 donde trató de exponer la teoría de la relatividad desde “un punto de vista filosófico”: “en vista de este dilema, aparecía como inevitable abandonar uno u otro, el principio de la relatividad o la sencilla ley de la propagación de la luz en el vacío... Aquí es donde entró la teoría de la relatividad. *A través de un análisis de las concepciones físicas del tiempo y del espacio, se hizo evidente que en realidad no hay incompatibilidad alguna entre el principio de la relatividad y la ley de propagación de la luz, y que aferrándose sistemáticamente a ambas leyes, se podría arribar a una teoría lógicamente consistente.*” Albert Einstein; *Relativity, the special...*, *op. cit.*, pp. 19-20 (traducción nuestra).

po determinado. ¿Dónde está entonces la contradicción? La contradicción reside no en el *Principio de relatividad* de Galileo, sino con la suposición de que *el tiempo o el transcurrir de un evento puede ser aprehendido con independencia del espacio en que se desarrolla*.

En efecto, en la Mecánica moderna, los cuantificadores espaciales ya eran relativos —esto es, variables— en función del sistema de referencia, tal como lo establecía el propio Principio de Relatividad de Galileo, pero éstos variaban independientemente del cuantificador temporal, el cual se mantenía invariable en todos los sistemas de referencia.

Esta rígida separación en los sistemas de medición de la Mecánica moderna entre cuantificadores espaciales variantes y cuantificador temporal invariante, se derivaba del supuesto metafísico básico de la existencia independiente del espacio *en sí mismo* (como un espacio absoluto en la forma de un receptáculo), por un lado, y la existencia “en sí mismo”, de un tiempo, separado y absoluto, como un transcurrir único y universal, por el otro¹³⁴.

En consecuencia, lo novedoso que va a emerger de esta observación de Einstein no es el descubrimiento (implícito ya en la Electrodinámica moderna) de la relatividad temporal, sino las implicancias que van a emerger de establecer una conexión necesaria entre los

134 Incluso en este terreno filosófico, no es ciertamente lo novedoso o específico de Einstein la crítica a la naturaleza metafísica del concepto newtoniano de espacio y tiempo absolutos. Esta crítica ya había sido adelantada por Ernest Mach —de quien la recogió Einstein— en su *The science of mechanics* de 1893, donde subrayó que dichas concepciones newtonianas del espacio y tiempo absolutos “se encuentran aún bajo el influjo de la filosofía medioeval” y que “la cuestión de si un movimiento es en sí mismo uniforme o no, carece por completo de sentido. Y no menos justificado está el hablar de un ‘tiempo absoluto’, es decir, de un tiempo independiente de todo cambio”. La diferencia con Einstein reside en que mientras para Mach el tiempo y espacio absolutos separados por principio de nuestra “percepción sensorial” son una abstracción “metafísica, ociosa” desprovista de todo valor teórico y práctico; para Einstein en cambio, el espacio y tiempo absolutos “separados de las cosas” y de la dependencia mutua entre ellas, son la fuente de la abstracción metafísica absolutista. La diferencia del enfoque en la crítica de la metafísica newtoniana es clave, y determinó posteriormente (cuando Einstein se asoció a la propuesta geométrica de Minkowsky) el distanciamiento de Mach respecto de la teoría de la relatividad. Cf. Ernest Mach; *La ciencia de la mecánica*, reproducido en Einstein, Grünbaum y otros; *La teoría de...*, op. cit., pp. 26-27.

cuantificadores espaciales y temporales, *el descubrimiento de su dependencia mutua*.

Observó Minkowsky en su célebre conferencia "Space and Time" dictada en 1908, que la fuente de la contradicción entre ambos principios reside precisamente en esta separación totalmente arbitraria entre el espacio y el tiempo en los sistemas de coordenadas galileanas, pues "Nadie ha observado jamás un lugar sino en un cierto tiempo, ni un tiempo sino en un lugar"¹³⁵.

Esta separación arbitraria fue lo que realmente puso en evidencia la Electrodinámica clásica al establecer la velocidad de la luz como una velocidad finita. En realidad, la Física preservó durante casi tres siglos la idea aristotélica de que las interacciones luminosas entre los cuerpos —dadas por la velocidad de la luz— eran "instantáneas".

Por ello la Física newtoniana describía la velocidad de la luz con un número "infinito". De allí se derivó la suposición de que dos observadores desde diferentes puntos de referencia podían observar un fenómeno "al mismo tiempo" o, mejor dicho, "simultáneamente".

Ahora, con el Principio de la Constancia de la Velocidad de la Luz, hablar de la "simultaneidad" de dos sucesos carece absolutamente de sentido, si no se fija el sistema de referencia con respecto al cual hacemos la observación¹³⁶.

Aquí el "punto de vista del observador" no se refiere (como muchas veces se ha malinterpretado) al punto de vista *subjetivo*, sino al *sistema de referencia temporal*¹³⁷.

135 Citado por Marx W. Wartofski; *Introducción a la...*, op. cit., tomo II, p. 428.

136 "Si nosotros descartamos esta suposición, entonces el conflicto entre la ley de la propagación de la luz *in vacuo*, y el Principio de la Relatividad (desarrollado en la sección VII) desaparece." Albert Einstein; *Relativity, the special...*, op. cit., p. 27.

137 "Algunos creen que [la teoría general de la relatividad] apoya la idea de Kant de que el espacio y el tiempo son 'subjetivos' y que son formas de la intuición. Pienso que tales personas se han desorientado por la forma en que los escritores de la relatividad hablan del 'observador'. Es natural suponer que el observador es un ser humano, o al menos un espíritu. Pero es probable que sea también una cámara fotográfica o un reloj... La 'subjetividad' aplicada a la teoría de la relatividad es una subjetividad *física*, que existiría igualmente en caso de que no hubiera en el mundo cosas como la inteligencia o los sentidos." Bertrand Russell; *El ABC de la relatividad*. Barcelona, 1978, Ariel, p. 177.

Preguntas como si dos sucesos se pueden dar o no “al mismo tiempo” carecen de sentido. Esto sería como preguntarse en términos espaciales quién está realmente arriba y quién está realmente abajo, entre dos hombres colocados en los polos de la Tierra, independientemente de la ubicación del observador.

Por consiguiente, la descripción de un proceso físico sólo tiene sentido si especifica integralmente las tres coordenadas espaciales y la coordenada temporal en la forma de un *continuo espacio-tiempo*.

Pero nuevamente surgieron los problemas. La geometría usada por la Mecánica moderna, particularmente la geometría analítica cartesiana, es la geometría euclidiana, es decir, una geometría de tres dimensiones, que es completamente “atemporal”: no analiza las transformaciones espaciales en el tiempo y asume al espacio como una realidad independiente del tiempo.

Pocos años después que Einstein lanzara su genial conjetura, un matemático alemán, Hermann Minkowsky sugirió una forma geométrica específica al razonamiento de Einstein, ampliando el espacio tridimensional euclidiano a un “mundo” de cuatro dimensiones, conocido desde entonces como “mundo de Minkowsky”, en el cual la dimensión temporal deja de ser invariante y pasa a ser colocada en pie de igualdad con las variantes espaciales.

La geometría tetradimensional de Minkowsky, llamada también pseudo-euclidiana para diferenciarla de la de Euclides, viene definida por la fórmula:

$$ds^2 = c^2 dt^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2$$

Donde la unidad de tiempo (ds^2) viene determinada por la cantidad de tiempo que emplea un rayo de luz para atravesar una unidad de longitud en las tres dimensiones espaciales (x, y, z)¹³⁸.

De esta manera, se obtiene un intervalo de tiempo que es igual y constante (de acuerdo al principio de la Electrodinámica) para todos los sistemas inerciales de referencia. Con esta versión matemática de la teoría, Minkowsky proporciona un modo de correlacionar observaciones divergentes, o dicho de otro modo, una medición válida para

138 L. Landau y E. Lifshitz; *Curso abreviado de...*, op. cit., p. 125.

todos los observadores, refiriendo los datos obtenidos por cada observación a un mismo marco espacio-temporal matemático.

La constancia de la velocidad de la luz se puede expresar así como una variable espacio-temporal¹³⁹. Este espacio tetradimensional del universo de Minkowsky está también constituido a partir de los llamados “puntos del universo”, entendiendo por tales a una unidad temporal o “instante” que acaece en un punto determinado del espacio.

En tanto estas unidades no son “entidades” sino instantes infinitesimales, sólo son descriptibles en tanto están ensambladas en una secuencia continua que se define como “línea del universo”.

En la geometría de Minkowsky no hay pues “cosas” o “entidades” atómicas, sino “procesos” o “historias continuas”. Haciendo una analogía intuitiva, podríamos decir que en este universo una piedra no es un objeto estático. Ahora hablamos de ella como de un proceso de erosión, envejecimiento, desgaste, etc., en función del tiempo transcurrido en su movimiento. Las invariancias se refieren ahora a los efectos de simetría que se generan en los procesos.

En consecuencia, eliminada la “instantaneidad” de la trayectoria de la luz (base de la unidad de medida), el concepto de “simultaneidad” carece de sentido. No hay algo así como un “ahora” atómico perfectamente determinado. Como señala Whitehead, conceptos básicos como el “ahora”, el “punto”, o el “instante”, que en la Física moderna eran entidades puntuales perfectamente determinables, dejan de ser una entidad¹⁴⁰ para convertirse en meras abstracciones infinitesimales de una “duración” real¹⁴¹.

139 L. Landau y E. Lipshitz; *Curso abreviado de...*, op. cit., tomo I, p. 126.

140 A.N. Whitehead; *The concept of nature*. London, 1920, Cambridge University Press, pp. 72-73.

141 En un agudo comentario sobre las implicancias filosóficas de la concepción relativista del tiempo, Kurt Gödel muestra cómo “la relatividad de la simultaneidad, que en gran medida implica también la relatividad de la sucesión temporal” contradice totalmente la concepción atomista y objetivista del tiempo. Es decir, la idea de que un “lapso objetivo de tiempo” sea equivalente a “un posible estado de cosas que exista en la realidad”. Ello implicaría que la infinidad de “ahoras” en que consiste la realidad “pasan a existir sucesivamente” y pueden ser sistemas “equivalentes”. “Pero cada observador tiene su propio conjunto de horas” y ninguno de los diversos sistemas puede pretender tener

Los *procesos* continuos pasan a ocupar ahora el centro del universo que anteriormente ocuparon las “cosas” discontinuas o “entidades” de masa invariantes. Los “intervalos” de Minkowsky no resultan entonces entidades rígidas e invariantes sino que dependen de la velocidad.

La revolución categorial introducida por Einstein y Minkowsky, al unir el principio de la electrodinámica y el principio de relatividad de Galileo, nos introduce a un mundo compuesto por un continuo espacio-tiempo, y por puntos-instantes que varían con la velocidad.

En segundo lugar, el Teorema de la Suma de Velocidades (que se desprende del Principio de Relatividad de Galileo) ya no tiene una validez infinita, sino que se topa con un límite conforme se acerca a la velocidad de la luz (dado que ésta no es infinita). Consecuentemente, del hecho que ésta sea constante y que a ella no se pueda aplicar ya el teorema de la suma de velocidades, se deduce que constituye la velocidad máxima.

Una tercera consecuencia lógica: la no aplicabilidad del teorema de la suma de velocidades conforme un objeto se acerca a los 300 mil km./seg., implica que la velocidad de un objeto comenzará a decrecer conforme se acerque a la velocidad de la luz. Si esto es así, *la medida del tiempo y el espacio variarían en función de la velocidad o, dicho a la inversa, no son invariantes en sí mismas.*

Si tenemos que la velocidad de un objeto que se acerca a la velocidad de la luz está en aumento, ¿por qué no se puede seguir sumando? La única explicación posible quedaría del lado de las unidades de medida del espacio y el tiempo, esto es, que “el tiempo se hace más lento” porque la medida de “longitud se hace más estrecha” *en la dirección del objeto en movimiento.*

En efecto, ¿qué quiere decir “aumento” de la velocidad? Que un móvil transcurre en menos tiempo un segmento del espacio. No obs-

algún privilegio sobre los otros. Esto es así porque la existencia de la materia, su distribución, movimiento y el tipo particular de curvatura del espacio-tiempo producido por ella en el universo, es puramente contingente y no guarda un orden lineal o irreversible como suponía teóricamente el tiempo absoluto newtoniano. Cf. Kurt Gödel; *Obras completas*. Madrid, 1981, Alianza Universidad, pp. 379- 385.

tante, como sabemos, el tiempo no es una entidad independiente del espacio, vale decir absoluta, sino relativa a un punto de referencia espacial y, por tanto, en función de la velocidad¹⁴².

Lo correcto entonces sería decir que conforme aumenta la velocidad la medida de longitud espacial se hace más estrecha, con lo que, de acuerdo a la fórmula clásica de la velocidad ($V = e/t$), la reducción de los valores del numerador (e) implica el aumento inversamente proporcional de los valores del denominador (t).

En otras palabras, conforme un objeto se acerca a la velocidad de la luz, lo que realmente sucede es que el tiempo transcurre más lentamente en relación al objeto en movimiento, y las unidades de longitud en relación al mismo objeto tienden a anularse, a hacerse más estrechas en relación a dicho tiempo.

Esto parecerá "cosa de locos" para quien asume los dos dogmas metafísicos sobre los que se construyeron los sistemas de medida de la Física moderna, a saber: la existencia de un tiempo absoluto e independiente del espacio material y la existencia de un espacio absoluto e independiente del tiempo¹⁴³.

Se trata en realidad de dos hipótesis puramente metafísicas, en el sentido de que constituyen un tiempo que no se puede observar desde ningún lugar y un espacio que no se puede percibir en ningún tiempo, y la imposibilidad de su solución en términos experimentales u operacionales *fue precisamente la fuente de la paradoja* insalvable entre el Principio de la Constancia de la Velocidad de la Luz y el Principio de Relatividad de Galileo.

142 "Recuérdese que la definición de velocidad, dada antes, entraña decisivamente la noción de simultaneidad. En la relatividad especial la simultaneidad no es absoluta... Por consiguiente, la simple ley de la adición de velocidades, que se sostiene en la física pre-relativista en virtud de la noción absoluta de simultaneidad, no se mantiene en pie en la relatividad especial". Wald, Robert M.; *Espacio, tiempo y gravitación. La teoría del "Big Bang" y los agujeros negros*. México, 1984, FCE, p. 32.

143 "... el fenómeno de la contracción lorentziana y el de la dilatación del tiempo no son paradójicos. Son sólo reflejos del hecho de que no hay noción absoluta de simultaneidad en la relatividad especial...". Wald, Robert M.; *Espacio, tiempo y...*, *op. cit.*, p. 44.

Materia y energía

Las consecuencias del establecimiento de la relatividad del continuo espacio-tiempo escaparon rápidamente a los marcos de la Electrodinámica clásica para revolucionar también el *concepto mismo de materia* heredado de la Mecánica moderna. Tal como lo observó el propio Einstein:

Aun cuando esta teoría surgió del problema del campo, debe abarcar todas las leyes de la física (...) la teoría de la relatividad pretende que todas las leyes de la naturaleza sean invariantes respecto a las transformaciones de Lorentz y no a la transformación clásica”¹⁴⁴.

Esta pretensión de Einstein ha sido muchas veces interpretada por historiadores de la ciencia (y por supuesto por filósofos idealistas) como una clara expresión del objetivo de la Física contemporánea de desaparecer el concepto de “materia” o de “desmaterializar la ciencia física” en perjuicio de la ontología materialista, ahora relegada al “museo de las antigüedades” de la ciencia moderna.

¿Qué fue lo que motivó objetivamente a Einstein a la pretensión de generalizar a toda la Física las “transformaciones de Lorentz”? La respuesta puede resultar teóricamente relevante si replanteamos de una manera menos psicologista la misma pregunta, retomando el camino avanzado en nuestra exposición: ¿qué quiere decir que un cuerpo va “disminuyendo su velocidad conforme se acerca a la velocidad de la luz”?

La respuesta la daba la propia Mecánica moderna, mediante la tercera ley del movimiento de Newton de acción y reacción: quiere decir simplemente que “aumenta su resistencia al cambio”, esto es, al aumento de su velocidad. Y, ¿cuál es la medida que describe en la Mecánica moderna la resistencia de un cuerpo material al cambio del movimiento? *La masa*.

144 Albert Einstein y L. Infeld; *La física, aventura...*, op. cit., p. 232.

En efecto, la Mecánica moderna nos había enseñado que un cuerpo resiste al cambio de movimiento (aceleración) en relación directamente proporcional a la masa inercial que posee. De hecho, la masa define la “cantidad de materia” que tiene un cuerpo.

De esto se sigue que todo aumento de la resistencia de un cuerpo al cambio obedece a un aumento de su masa inercial. Esto significa que en la teoría de la relatividad “no se cumple” la ley de conservación de la masa¹⁴⁵.

Dicho de otro modo, *la imagen de la materia como una cantidad de masa invariante* se ve reemplazada por una en que la masa varía con la velocidad¹⁴⁶. De lo anterior se sigue que había que explicar por qué se produce esta variación de la *masa inercial*.

Para explicar este fenómeno Einstein partió nuevamente de re-examinar dos conceptos heredados de la misma Mecánica moderna: energía potencial y energía cinética. Si un cuerpo se resiste a un cambio de movimiento, resulta evidente que la energía descrita no proviene de fuera, sino que dicho cuerpo posee energía.

La masa de un cuerpo en reposo puede ser descrita como energía potencial. Puede decirse que una roca depositada suavemente sobre nuestras manos tiene una energía potencial de 50 kg (o simplemente que pesa 50 kg) en estado de reposo. Energía potencial es, por tanto, igual a masa inercial de un cuerpo.

Por otro lado, si en lugar de colocar suavemente la misma roca sobre nuestras manos, nos la arrojan desde un edificio de 100 metros de altura, es obvio que en el trayecto de la caída la energía se incrementa en proporción directa al aumento de la velocidad, generándose lo que se llama energía cinética, la cual está en función de la velocidad.

145 L. Landau y E. Lipshitz; *Curso abreviado de...*, op. cit., tomo I, p. 145.

146 “La teoría mecánica relativista fue comprobada por la experimentación con electrones de movimiento rápido, pues tales experimentos mostraron que la masa no es independiente de la velocidad, en otras palabras, se observó que la masa de un cuerpo dotado de movimiento rápido crece con el aumento de la velocidad. Así se obtuvo una nueva corroboración de la hipótesis de Einstein.” Max Planck; *¿A dónde va la ciencia?* Buenos Aires, 1941, Editorial Losada, p. 55.

En otras palabras, la misma roca resistirá al cambio de movimiento (al tratar de detenerla con nuestras manos) más fuertemente que cuando estaba en reposo. Su masa puede definirse ahora como la suma de energía potencial más energía cinética.

Por tanto, el aumento de la energía cinética de un cuerpo como consecuencia del incremento de su velocidad *es como si aumentara la masa de un cuerpo*. Dicho en palabras de Einstein, “la energía se comporta como la materia”¹⁴⁷.

Resultan en consecuencia totalmente legítimas, afirmaciones como que un cuerpo caliente pesa más que uno frío, o que el sol y las estrellas radiantes disminuyen su masa al emitir sus radiaciones. En realidad el abismo insalvable con que la Mecánica moderna separaba la materia ponderable –que posee una masa inercial– de la energía imponderable –que carece de masa– se revela como una separación analítica profundamente arbitraria.

En realidad, no hay un abismo sino la variación de un coeficiente de intercambio continuo materia-energía en función de la velocidad:

... para la teoría de la relatividad no existe una diferencia esencial entre masa y energía, la energía tiene masa y la masa representa energía”¹⁴⁸.

Dada esta equivalencia, resulta que masa y energía –tomadas hasta entonces como entidades separadas– no son sino dos polos de un coeficiente de intercambio. La velocidad de la luz no debería ser sino el límite máximo de la aceleración alcanzada por un cuerpo material de masa mínima detectable. Podemos así establecer a partir de la velocidad de la luz (c) el coeficiente exacto de intercambio entre materia y energía, que viene dado por la célebre fórmula: $E = m_0 c^2$, o su inversa: $m_0 = E/c^2$.

Tomando como base la estructura corpuscular mínima dada en la polarización hecha por Lorentz de los valores de las ecuaciones de

147 Albert Einstein y L. Infeld; *La física, aventura...*, op. cit., p. 237.

148 *Ibid.*, p. 238.

Maxwell, Einstein no sólo pudo revelar el coeficiente de intercambio entre materia y energía, sino que pudo utilizarlas como palanca para *derrumbar la imagen metafísica moderna de la materia como una mera "sustancia inerte"*, imagen con la cual iniciamos el presente texto.

La energía de un cuerpo no se anula cuando $V = 0$, sino que sigue siendo una cantidad finita denominada *energía de reposo*. *La materia resulta ahora una condensación de energía*: "la materia es... el mayor depósito de energía... es el lugar donde la concentración de energía es muy grande y el campo es donde la concentración de energía es muy pequeña"¹⁴⁹.

Se podría decir que la "materia einsteniana" pasó a ocupar una jerarquía ontológica mucho más elevada que la que ocupó en el mecanicismo inerte newtoniano, un nivel análogo al de la "*natura naturans*" spinoziana (ontología de la cual múltiples veces el propio Einstein se declaró adepto), así como un monismo sustancial sin precedentes, como se puede apreciar en la siguiente tesis:

No tenemos razón, entonces, para considerar la materia y el campo como dos cualidades esencialmente diferentes entre sí. No se puede imaginar una superficie nítida que separe el campo de la materia¹⁵⁰.

Las principales categorías conceptuales de la teoría de la relatividad no emergen pues de una negación externa de los conceptos de la Mecánica moderna, sino de su propio desarrollo inmanente. Desde el punto de vista de la teoría de la relatividad, la Mecánica newtoniana no es simplemente "falsa", sino un *caso límite del uso de determinadas categorías ontológicas*. Pero en cuanto los procesos analizados adquieren pretensiones universalistas, la rigidez metafísica atomista y el método analítico mecanicista sólo engendra paradojas sin salida.

149 *Ibid.*, p. 291.

150 *Loc. cit.*

Materia y vacío

Finalmente, otro punto ontológico crucial y decisivo para la constitución de una nueva imagen del mundo material fue derrumbar el inmenso muro que en la Física moderna escindía *la materia y el vacío*.

Ya hemos visto cómo el mundo material era representado en la Mecánica moderna, como concentrado en entidades puntuales de materia plenamente discontinuas, delimitadas rígidamente por un espacio vacío (descrito como ausente de materia) o como distancia entre dos puntos materiales¹⁵¹.

Esta imagen presuponía la división de la realidad física entre el espacio y el tiempo absolutos por un lado, y los cuerpos materiales moviéndose respecto al espacio y al tiempo por otro. En este “universo” “la materia” podía desaparecer (¡contingencia inexplicable para los materialistas mecanicistas!) y el espacio vacío permanecer existiendo, sin que esto implicara ninguna contradicción lógica.

De igual manera, podía no acaecer ningún suceso físico, y el tiempo absoluto podía transcurrir como en un casillero vacío en la retícula que formaba el sistema de coordenadas cartesianas.

Cosas y hechos de este mundo resultan completamente contingentes; sólo el espacio y el tiempo resultan analíticamente universales y necesarios, como concluyó con Kant el idealismo clásico alemán.

La crisis de este punto de vista, tal como ya lo hemos señalado, comenzó con la aparición del concepto de “campo”, que progresivamente pasó de un mero concepto auxiliar, hasta ocupar un papel central e independiente en la Electrodinámica clásica al lado de la materia y el vacío.

La imagen se comenzó a complicar con nuevas entidades o substancias físicas, pues la transmisión del campo electromagnético en el

151 “In Newtonian mechanics... in principle, matter is thought of as consisting of ‘material points’, the motions of which constitutes physical happening. When matter is thought of as being continuous, this is done as it were provisionally in those cases where one does not wish to or cannot describe the discrete structure. In this case small parts (elements of volume) of the matter are treated similarly to material points...” Albert Einstein; *Relativity...*, *op. cit.*, pp. 143-144.

vacío, a su vez, obligó a los físicos, a introducir el *éter luminoso* para no caer en la paradójica “vibración del vacío”. Finalmente esto condujo a la contradicción entre las leyes del campo electromagnético y las de la Mecánica.

Hemos visto también cómo esta última contradicción fue resuelta por la Teoría de la Relatividad sobre la base de romper la separación rígida y absoluta que la Mecánica había realizado entre el espacio y el tiempo y entre la materia y el campo energético.

Finalmente, estas soluciones condujeron a Einstein a reconsiderar la hipótesis clásica de la existencia del espacio “vacío”, esto es, aquel espacio que no estaba ocupado ni por materia ni por energía, llamado también *espacio inercial absoluto*, por no estar sujeto a la acción de ninguna fuerza.

Como ya establecimos, la existencia del espacio vacío era uno de los presupuestos fundamentales de la Mecánica moderna, sin cuya presencia sería imposible sostener la primera ley del movimiento, esto es, la ley del movimiento inercial uniforme y rectilíneo, movimiento que sólo es posible si se supone un espacio vacío, exento de toda interferencia.

Cuando la Teoría Especial de la Relatividad (TER) cuestionó la existencia independiente del espacio con respecto al tiempo, en realidad puso en cuestión la idea misma de un “espacio absoluto” o espacio puramente inercial.

¿Podría tal vez haberse pensado que ahora se trataba de un continuo espacio-tiempo absoluto, independientemente de su referencia a un objeto o campo material en movimiento? La respuesta negativa a esta pregunta va a tener su consecuencia en la Teoría General o Generalizada de la Relatividad (TGR), también llamada *Teoría General del Campo Gravitatorio*, en la medida que problematiza y desborda la validez local (restringida para las interacciones de los cuerpos proporcionales a su masa) de la ley de Newton.

En efecto, problematiza una fórmula que supone implícitamente la “simultaneidad absoluta” ($F = k \frac{m_1 m_2}{d^2}$) donde F es la fuerza gravitatoria que actúa de manera directamente proporcional a la masa de dos cuerpos, m en un instante determinado, y d la distancia supuesta entre dichos cuerpos en ese mismo instante.

Asumida la Relatividad Especial, frases como “el mismo instante” carecen en absoluto de significado pues se refieren a un sistema temporal que no existe localmente (independiente de cualquier observador) y a una distancia espacial que se supone absoluta. Dicha equivalencia proporcional sugirió a Einstein la posibilidad de tratar la gravitación como un campo y atribuir sus propiedades a la estructura continua del espacio-tiempo, determinada por la materia existente¹⁵².

En pocas palabras, la tesis central de dicha teoría es que no existe algo así como un “espacio vacío”. Éste es una construcción conceptual totalmente ficticia y forzada, que no encuentra ningún respaldo en algún observador o sistema de referencia teóricamente posible.

La Teoría General de la Relatividad va entonces a postular que sólo existe el continuo materia-campo, y que el llamado espacio vacío no es sino una estructura peculiar cualitativa del campo electromagnético, que Einstein denominó campo gravitacional puro¹⁵³.

Esta hipótesis teórica fue inducida a partir de un hecho muy simple que —una vez más— ya había sido establecido por la propia Mecánica moderna, aunque ésta jamás lo pudo explicar sino como una mera coincidencia: la igualdad existente entre la *masa inercial* y la *masa gravitacional*. Una clave del enigma físico que, según el propio Einstein, “nadie notó por más de tres siglos”. Para determinar la masa de un cuerpo, la Mecánica newtoniana proporciona dos procedimientos que se usan de manera indistinta¹⁵⁴.

El primero consiste en comparar el efecto que produce la aplicación de dos fuerzas de idéntica intensidad sobre dos cuerpos materiales. Suponiendo que la velocidad impresa en uno resultará el doble de la del otro, se concluye que el primero tiene una masa dos veces

152 Cf. al respecto Wald, Robert M.; *Espacio, tiempo y...*, op. cit., pp. 51-67.

153 “... a pure gravitational field...”. Einstein; *Relativity...*, op. cit., p. 155.

154 “En la mecánica celeste de Newton, la masa aparece de dos maneras: como medida de la resistencia de un cuerpo a ser acelerado o a sufrir un cambio de estado cuando actúa sobre él una fuerza gravitatoria, y como una medida de la fuerza desarrollada por un cuerpo colocado en un campo gravitatorio... Al parecer, en un primer momento Newton era consciente del problema conceptual introducido por el hecho de disponer de estos dos conceptos distintos de masa...”. Cohen, I. Bernard; *La revolución newtoniana y...*, op. cit., p. 294.

menor que la del segundo, pues la resistencia al cambio de un cuerpo en reposo es igual a su masa inercial. Así es posible averiguar con exactitud la masa *inercial* de cualquier cuerpo.

El otro procedimiento para averiguar la masa de un cuerpo, menos teórico y más generalizado desde el punto de vista práctico, es posible sobre la base de la atracción gravitatoria que la Tierra ejerce sobre los cuerpos, y es el que todos usamos cuando pesamos un cuerpo con una balanza. Al resultado de dicha medida se le denomina *masa gravitacional* o simplemente *peso*¹⁵⁵.

Ambos procedimientos resultan teóricamente válidos en los marcos de la Mecánica newtoniana, y sorprendentemente los valores obtenidos resultan siempre idénticos si las condiciones de medición son estrictas. Sin embargo, durante tres siglos no se pudo explicar esta “coincidencia”.

Fue esta coincidencia la que finalmente hizo sospechar a Einstein —luego del desarrollo de la Teoría Especial de la Relatividad— el carácter totalmente contradictorio de la hipótesis de la existencia de un espacio en el que no exista la acción de la materia ni del campo, pues entonces esta coincidencia entre *masa inercial* y *masa gravitacional* sería imposible.

Un espacio inercial presupone la ausencia de cualquier acción externa, mientras que la masa gravitacional presupone la acción externa de atracción por otro cuerpo. La coincidencia de ambas medidas de la masa de un cuerpo revela que se trata en realidad de lo mismo.

Resulta entonces más simple y consistente no multiplicar inútilmente las entidades existentes, y suponer que el llamado “espacio vacío” no es en realidad otra cosa que un “campo” de carácter pecu-

155 “La masa puede ser definida de dos maneras: 1º, por el coeficiente de la fuerza por la aceleración; ésta es la verdadera definición de masa, que mide la inercia del cuerpo. 2º, por la atracción que ejerce el cuerpo sobre un cuerpo exterior, en virtud de la ley de Newton... Según la ley de Newton, hay proporcionalidad rigurosa entre estos dos coeficientes” (y como ya) “hemos visto que la masa coeficiente de inercia crece con la velocidad, debemos entonces deducir que la masa coeficiente de atracción crece igualmente con la velocidad y permanece proporcional al coeficiente de inercia”. Poincaré Henri; *Ciencia y método*, op. cit., p. 181.

liar, el campo de las interacciones gravitatorias o *campo gravitacional universal*.

Lo dicho se sigue de la tesis ya establecida por la TER de que no tiene sentido hablar de un espacio-tiempo inercial existente separado de la materia-campo en la forma de un espacio “vacío”, como si los objetos físicos estuvieran colocados en el espacio como verrugas en un rostro.

Los objetos mismos son un forma de extensión espacio-temporal y viceversa. El espacio-tiempo no es sino la forma de existencia material. En consecuencia, el vacío se llena ahora de campo y como ya sabemos, el campo tiene masa de la misma manera que la masa tiene energía (“campo”).

Para demostrar indirectamente esta tesis, Einstein sugirió una hipotética prueba experimental¹⁵⁶ en los siguientes términos: dado que según la Teoría Especial de la Relatividad un rayo de luz posee masa ($=m_0$), al atravesar inmensas distancias interplanetarias de un espacio “vacío” debería describir una trayectoria curvada. Esto revelaría la existencia de un Campo Gravitacional Universal (CGU) en las zonas que se consideran vacías, y donde la Mecánica supondría, por el contrario, que éste debería trazar una trayectoria rectilínea.

La existencia de un CGU debería revelar también la estructura curva y no rectilínea del espacio como lo suponen la geometría euclidiana, la ley del movimiento inercial y la de la gravitación, de la Mecánica newtoniana. A diferencia de la geometría euclidiana donde las líneas rectas paralelas nunca se encuentran porque suponen un espacio plano infinito, cuando el espacio-tiempo einsteniano se curva con la gravitación, sus líneas paralelas se tornan geodésicas y por tanto deberían converger. Tal fue la predicción de la TGR en 1915. Este experimento fue finalmente llevado adelante por un conjunto de

156 “Pero las consideraciones que originalmente llevaron a Einstein a formular su ley no fueron de este tipo. Incluso la consecuencia sobre el perihelio de Mercurio, que se pudo verificar inmediatamente por observaciones anteriores, sólo se pudo deducir después que la teoría estuvo completa. Y no pudo formar parte de las bases originales del descubrimiento de tal teoría. Dichas bases eran de un carácter lógico más abstracto”. Bertrand Russell, *El ABC de..., op. cit.*, pp. 110-111.

científicos de la Royal Astronomical Society, mediante fotografías de un eclipse solar, el 29 de mayo de 1919, confirmando plenamente la hipótesis de Einstein.

Como consecuencia de la teoría gravitacional generalizada de Einstein, resultó que el campo gravitacional no era una misteriosa interacción a distancia entre dos cuerpos puntuales, sino que era el espacio mismo: el vacío resultaba lleno de campo. Sólo existía materia y campo. Esto no sólo problematizaba la linealidad de la gravitación, sino la idea misma de fuerza como una entidad independiente del espacio como suponía el principio inercial que Newton y Euclides otorgaban al espacio vacío (en sí mismo):

Considerados conjuntamente, estos argumentos movieron a Einstein a hacer la sorprendente sugerencia de que la forma de tratar con la gravedad en un contexto relativista era considerarla no como un campo de fuerzas actuando en el espacio-tiempo sino, en vez de ello, como una modificación de la propia estructura geométrica del espacio-tiempo. En presencia de la gravedad, arguyó, el espacio-tiempo no es "plano" sino "curvo"¹⁵⁷.

En consecuencia, al describir el campo gravitatorio en función de una geometría curva del espacio-tiempo, ésta se encuentra necesariamente asociada a una determinada configuración de la materia. Ello fue postulado por Einstein mediante una ecuación por la cual la curvatura del espacio-tiempo era igual a la densidad energética de la materia, esto es, que la estructura del espacio-tiempo es proporcional a la distribución de la materia.

Problemas filosóficos

La generalización de la relatividad planteó asimismo nuevas reflexiones filosóficas que problematizaban el contexto categorial heredado

157 Sklar, Lawrence; *Filosofía de la física*, op. cit., pp. 70-71.

del paradigma moderno de científicidad. Se plantearon preguntas como la sugerida por Gustavo Saco:

Si el espacio y el tiempo constituyen un continuum cuatridimensional, ¿cómo puede hacerse la *predicción* de un acontecimiento y cómo puede establecerse la *conexión causal* entre un fenómeno actual y otro futuro?¹⁵⁸.

En efecto, recordemos que en el contexto de científicidad moderno la categoría de “conexión causal” se refiere a la influencia que tiene un proceso sobre otro que le sigue linealmente en el tiempo. Ella supone que dicha interacción se desenvuelve en un espacio invariante (tipo recipiente) que no sufre modificación alguna cuando varía el tiempo. Ahora, “una conexión causal extraña se va a producir si el espacio y el tiempo constituyen un continuum cuatridimensional o si las condiciones materiales influyen en el espacio y el tiempo”, dado que en la TGR la aceleración de los cuerpos y la acción del campo gravitacional alteran el propio tiempo y las relaciones espaciales¹⁵⁹.

En consecuencia, si tomamos en cuenta dicho *continuum* no sólo no será posible hablar de un proceso de interacción causal que sucede “aquí y ahora”, sino que tampoco se podrá decir “aquí, ahora y aquí, después”; sino algo así como “aquí, ahora y en otro lugar, en otro momento”, sin que ello se refiera a otro lugar “distante” del lugar en donde se produce la causa, sino a un lugar que cesa de ser el lugar anterior.

Ello querría decir que la causalidad no se da como una sucesión de estados de los objetos materiales, determinados en un espacio-tiempo invariante, sino que el espacio-tiempo mismo es el resultado de un proceso que depende de la velocidad y masa gravitacional de los móviles que interactúan, que no permite la suma indefinida de velocidades y de masas como una progresión lineal.

La causalidad comienza así a perder la imagen unidireccional y rectilínea de un espacio euclidiano que se presentaba en la Mecánica

158 Saco, Gustavo; *Materia-energía y espacio-tiempo*. Lima, 1965, UNMSM, Biblioteca filosófica, p. 12.

159 *Ibid.*

moderna, para transformarse en un sistema de correlaciones básicas inversamente proporcionales entre el espacio-tiempo y la materia-campo. El principio moderno de conservación de la materia, separado del principio de conservación de la energía, es integrado en un principio unificado más general de conservación del coeficiente materia-campo y espacio-tiempo¹⁶⁰.

En medio de esta apoteósica síntesis ontológica, Einstein pretendió dar un último y decisivo paso: reducir toda la realidad física, incluida la materia, al campo.

... la división en materia y campo es, desde el descubrimiento de la equivalencia entre masa y energía, algo artificial y no claramente definido. ¿No sería posible desechar el concepto de materia y estructurar una física fundamentada sólo en el concepto de campo?¹⁶¹.

Desde todos los rincones del idealismo filosófico y del escepticismo gnoseológico se alzó el grito de victoria que hacía recordar al obispo Berkeley: "la materia ha desaparecido", "el materialismo ha llegado a su fin", "la ciencia rechaza el materialismo". El concepto de materia parecía condenado a pasar al "museo de las antigüedades filosóficas"¹⁶².

Ciertamente, Einstein no tuvo la culpa de semejantes "amistades", porque tal vez su pretensión, en sentido estricto, era más modesta y más plausible, pues se trataba sólo de *unificar el conjunto de la Física en un solo sistema de ecuaciones* para describir de una manera más simple y exacta *el conjunto de interacciones y transiciones entre materia y energía*, y no algo así como "la desaparición de la materia", pues en la TGR, el espacio-tiempo mismo tiene energía-masa.

Einstein pensaba que esta síntesis se podía realizar *a partir del conjunto de ecuaciones y transformaciones del campo, esto es, des-*

160 *Ibid.*, p. 21.

161 Albert Einstein y L. Infeld: *La física aventura...*, op. cit., p. 292.

162 Un ejemplo reciente de este tipo de interpretaciones puede verse en los trabajos de Ulises Moulines; "Por qué no soy materialista", en Francisco Esquivel (comp.); *La polémica del materialismo*. Madrid, 1982, Tecnos.

de las transformaciones de Lorentz. Por esta razón, el propio Einstein mostró la necesaria cautela y condicionalidad con que había que tomar lo que era una “propuesta programática de investigación” y no una suerte de “tesis filosófica”. Tal como él señaló:

Pero, no se ha conseguido cumplir todavía con este *programa* convincente y consistentemente. La decisión definitiva de su *posibilidad* corresponde al futuro. En la actualidad debemos admitir en todas nuestras construcciones teóricas las dos realidades: campo y materia¹⁶³.

El desarrollo posterior de la Física, sin embargo, siguió un curso opuesto al programa de reducción formal propuesto por Einstein, descubriendo nuevos campos de fuerza y numerosas “partículas elementales” de materia, irreductibles a un solo sistema. Todo parece indicar que con los medios utilizados por Einstein hubiera resultado imposible resolver el problema¹⁶⁴. Tal vez el error yacía en un método reduccionista y no sintético implícito en dicho programa.

En efecto, a pesar de la inmensa obra depuradora realizada por Einstein con las categorías y conceptos fundamentales de la Mecánica moderna, yacían en la Mecánica relativista aún muchas herencias ontológicas de la metafísica mecánico-atomista, que tenían que ser “podadas” para culminar en una nueva imagen sintética del mundo físico. Los cambios efectuados por la Teoría de la Relatividad todavía preservaban, por ejemplo, el concepto mecánico clásico de “trayectoria de una partícula”¹⁶⁵.

163 A. Einstein y L. Infeld; *La física, aventura...*, op. cit., p. 292.

164 Ridnik; *Las leyes del mundo atómico*. Moscú, 1974, Ed. Mir, p. 302.

165 M.E. Omelianowsky; *Dialectics in modern...*, op. cit., p. 123. La preservación de dicho concepto condujo —como bien observó Einstein— a resultados paradójicos en la “Mecánica cuántica”, al conducir el cálculo de la media del momento angular de una “partícula” en determinados estados estacionarios, como si se tratara del movimiento orbital de un objeto atómico análogo al sistema planetario. El resultado del cálculo daba un valor de velocidad cero (o nulo), que estaba en contradicción con la Mecánica clásica. Pero en realidad la fuente de la paradoja provenía del hecho de considerar a la teoría cuántica precisamente como una “mecánica” (que incluye por tanto una cinemática puntual o

Sólo para “suprimir” el concepto de partícula –tarea indispensable si se quiere reducir la Física a la teoría del campo– había todavía que conocer profundamente la estructura de las partículas elementales, y cómo ellas interaccionaban con el campo. Pero recordemos que la investigación crítica original del joven Einstein estuvo inicialmente asociada con el intento de desarrollar un procedimiento matemático que le permitiera expresar el movimiento total de un sistema en términos de una mecánica estadística. En ella se proponía generalizar el método de probabilidades del movimiento molecular aplicado por L. Boltzmann a la termodinámica, basado en la hipótesis de la existencia de las moléculas. Fue dicha hipótesis la que condujo al joven Einstein a escribir su artículo sobre el movimiento browniano, simultáneamente con el de su teoría sobre el efecto fotoeléctrico (1905) que lo llevaron finalmente a asumir la hipótesis del carácter discontinuo de la radiación, sobre los cuales desarrolló su Teoría Especial de la Relatividad.

Pienso que Einstein nunca abandonó una profunda convicción filosófica corpuscularista de las entidades físicas, y tal vez ahí residió la imposibilidad de resolver su propia propuesta programática de reducir en términos formales toda la Física a las ecuaciones del campo. Más aún, dicha creencia básica fue posiblemente la raíz de su posterior incomprensión de la Física cuántica.

Tal tarea va a configurar la larga historia de la Teoría Cuántica a lo largo del siglo XX, continuando la labor iniciada por la Teoría de la Relatividad por caminos absolutamente impensados y hasta rechazados por el propio Einstein.

corpuscular) cuando en realidad la teoría cuántica emergió para dar cuenta de fenómenos como “espectros atómicos”, dispersión de “partículas”, “efectos Compton”, etc., es decir, de fenómenos que por definición carecen de una “trayectoria definida” análoga a la de una partícula. “... la paradoja de la velocidad cero de un electrón en determinados estados estacionarios, desaparece tan pronto como se constata que el nombre de ‘mecánica cuántica’ es inadecuado porque la teoría sólo mantiene una vaga analogía con la mecánica clásica, y en realidad se parece más bien a la óptica ondulatoria”. Mario Bunge; *Controversias en física*, op. cit., p. 110. Páginas más adelante dice: “... ocurre que la hipótesis de que los microobjetos sean puntiformes no pertenece a la mecánica cuántica aunque a veces se adopte como supuesto en algunas de sus aplicaciones.” (p. 193).

Por otro lado, los alcances y límites de la TGR también se mostraron en la macrofísica. La curvatura geométrica del espacio-tiempo planteada por ella, sugirió a su vez consecuencias filosóficas importantes sobre la dinámica del universo.

Si, a diferencia del espacio plano euclidiano, las líneas geodésicas inicialmente paralelas convergen (o divergen) determinadas por el aumento (o disminución) de la densidad distributiva de la materia, entonces las distancias entre las galaxias por efecto de la gravitación no serán constantes sino que variarán con el tiempo, debido a la contracción o expansión del espacio mismo. Según la ecuación de Einstein, la estructura del universo no debería haber sido siempre igual.

Dicho en otras palabras, la noción de un universo estático o constante resulta incompatible con la TGR. Éste tiene que ser dinámico, expandiéndose o contrayéndose, pero su aceleración no puede ser igual a cero. En 1929, Hubble probó que las galaxias que observamos se alejan de nosotros con una velocidad proporcional a la distancia que nos separa de ellas. Ello permitió deducir, a partir de la ecuación de Einstein, la “historia” del universo. En algún momento finito el factor escalar (distancia de cada una de las superficies medidas) debe haber sido “cero” y, consecuentemente, la densidad de dicho universo primitivo debe haber sido infinita. A partir de ello se elaboró la hipótesis inicial del “Big-Bang” (Gran Explosión) ocurrida hace aproximadamente quince mil millones de años, que dio origen al universo actual.

En tal situación, la densidad de la materia y la consecuente curvatura del espacio-tiempo resultan infinitas y a dicha circunstancia excepcional se le denomina *singularidad espacio-temporal*, en la medida que marca el propio límite de la TGR, ya que ella no puede explicar o responder a preguntas como: ¿qué sucedió antes? o ¿cuál fue la causa de dicha situación? No hay aquí algo así como un espacio-tiempo previo a tal situación que permita dar algún sentido a palabras como “antes” o “suceso”.

La TGR puede proporcionar teóricamente una descripción completa de toda la historia del universo, excepto en sus extremos, esto es en aquellas situaciones singulares que denominamos “Big-Bang” (explosión originaria) o “desplome gravitatorio” (colapso de sucesos) como se muestra en los agujeros negros cuando colapsa una estrella

por ejemplo. En estas circunstancias extremas, la ecuación de Einstein carece de solución exacta en la medida que la estructura curvada del espacio-tiempo dinámico se pierde en una suerte de estado estacionario. El campo gravitatorio es tan fuerte que ninguna cantidad de masa-energía puede salir de él; es como si el tiempo se detuviera y todo permaneciera igual. No se puede “predecir” nada debido a que la densidad y la curvatura se han vuelto infinitas. Es el horizonte de todo evento posible.

Los intentos de comprensión de estos “horizontes de evento” han remitido la investigación a ciertas esferas de la teoría cuántica referidas a la creación de pares de partículas y antipartículas y a la reciente astrofísica de los agujeros negros.

Podríamos afirmar que aún hoy la superación del método analítico-reduccionista de pensar y la metafísica atomista que lo acompaña, es todavía una tarea histórica cuyo desarrollo no ha concluido. En realidad estos constituyen sólo un aspecto de la negación y superación de la concepción del mundo forjada a lo largo de cuatro florecientes siglos de civilización y cultura de la llamada modernidad europea. No se trata simplemente de la corrección de algunos aspectos puntuales, sino quizás del procesamiento de una inmensa revolución teórica, de las mismas proporciones que la realizada entre los siglos XVI y XVII.

No obstante, con la TGR, los problemas llegaron a un punto en el que se situaron en la misma estructura metafísica categorial de toda la Física inercial moderna, que Alexandre Koyré ha sintetizado magistralmente en tres presupuestos fundamentales:

1. La concepción de la materia que permite la posibilidad teórica de aislar un cuerpo dado de todo su entorno físico.
2. La concepción geométrica euclidiana del espacio como homogéneo e infinito.
3. La concepción del movimiento (y del reposo) que los considera como del mismo nivel ontológico¹⁶⁶.

166 Koyré, Alexandre; *Metaphysics and metasurement: essays in scientific revolution*. London, 1968, Chapman & Hall, p. 4.

A los problemas planteados, podría añadirse la siguiente pregunta: “¿Qué efecto deberían tener estas revolucionarias concepciones científicas en el debate (filosófico) tradicional entre sustantivistas y relacionistas?”¹⁶⁷.

167 Sklar, Lawrence; *Filosofía de la física*, op. cit., p. 85.

VI

Inicios de la teoría cuántica: Del atomismo a la gran sopa

*“La historia de la ciencia
no es sólo la historia de los descubrimientos
y observaciones, sino también
una historia de los conceptos.”*

W. HEISENBERG

EL DESARROLLO DEL ELECTROMAGNETISMO CLÁSICO y el intento de extensión de sus ecuaciones —de modo que también pudieran servir de base para la explicación de los movimientos mecánicos de la materia— condujo desde fines del siglo XIX al estudio de las interacciones radiación-materia.

Esto confluyó con la investigación experimental sobre los cuerpos radioactivos y las propiedades ionizantes de los rayos emitidos por algunos de ellos (el uranio, por ejemplo), que condujo a Ernest Rutherford a demostrar el fenómeno de la trasmutación espontánea de los elementos químicos.

El estudio de la radioactividad sugirió una serie de interrogantes a físicos y químicos sobre el origen de las grandes energías que se originaban en una entidad atómica que se suponía simple, esto es, carente de estructura. De hecho, al comienzo se pensó que esta energía era el resultado de alguna absorción accidental del medio circundante; se usó calor, frío, presión o fusión de elementos, pero sin éxito alguno. Se concluyó entonces que la desintegración radioactiva depen-

día del algún cambio interno del átomo, cuyo desencadenante se desconocía.

La búsqueda de un modelo matemático básico de la interacción radiación-materia, indujo a Lorentz a despojar a los átomos de materia de la imagen de simpleza e inercia clásica, incorporándoles el movimiento de un grano de electricidad orbitando alrededor de un núcleo cuyas cargas eléctricas eran opuestas.

Este modelo matemático fue posteriormente interpretado físicamente como un pequeño sistema planetario, cuando en mayo de 1911 Rutherford publicó un artículo informando el hallazgo del núcleo atómico (diez mil veces menor que el átomo) en el que se hallaba casi toda la masa de éste, el cual tenía una carga eléctrica positiva. Con ello se pudo dar forma matemática a la hipótesis de J.J. Thomson y G.J. Stoney, quienes a fines del siglo XIX interpretaron los rayos catódicos como corrientes de partículas que transportaban una carga eléctrica negativa, a las que llamaron "electrones".

De aquí se deduciría que la fuente de la radiación electromagnética por la materia se debía a la alta velocidad con que el electrón se desplazaba alrededor del núcleo. Tal explicación concordaría formalmente con las leyes de la Electrodinámica descubiertas en el mundo macrofísico.

No obstante, dicha interpretación física produjo profundas e insalvables contradicciones con el modelo matemático. Éstas emergían de la incompatibilidad existente entre las propiedades continuas de las ondas electromagnéticas y las propiedades discontinuas de las partículas materiales.

Al entrar en movimiento, el electrón forzosamente emitiría radiaciones electromagnéticas. Esta energía se crearía a expensas del electrón. En la medida en que éste era una partícula discreta, su energía resultaba finita y, por consiguiente, su movimiento debería amortiguarse paulatinamente hasta colapsar. En consecuencia, en una pequeña fracción de segundo el electrón caería sobre el núcleo luego de emitir toda su energía disponible. Ello haría inexplicable tanto la estabilidad como la neutralidad observada en la materia en general.

En estas condiciones, el modelo atómico clásico (sistema solar) elaborado por Rutherford y Thomson sobre la base de las leyes del

electromagnetismo clásico, entró en crisis. Estas leyes, que suponían la estructura continua de las ondas electromagnéticas, resultaban incompatibles con la estructura discontinua de la materia sostenida por el atomismo.

Pero el 19 de octubre de 1900 se produjo un cambio de ciento ochenta grados, cuando el científico alemán Max Planck informó a la Sociedad Física de Berlín un descubrimiento desconcertante¹⁶⁸.

Planck introdujo la idea novedosa de que la energía de la radiación térmica podría ser considerada matemáticamente al igual que la materia, como “atómica”. Esto es, no en la forma *continua* que la creía el electromagnetismo clásico, sino en “átomos” o “porciones” *discontinuas*, a las que denominó *cuantos* (*quantum* = cantidad) o cantidades mínimas posibles de energía.

La razón inmediata de la extraña hipótesis de que la energía no es continua podría hallarse, en principio, en el hecho de que Planck no basó su intento de resolución del problema deduciendo su fórmula de los supuestos de la teoría Electrodinámica clásica, sino que lo hizo de una rama completamente diferente, la termodinámica, en términos de un incremento de la entropía como si se tratara de movimientos moleculares, aplicando un método de probabilidades estadísticas desarrollado por Boltzmann. El problema es que al transferir este procedimiento a la radiación, Planck desembocó en una hipótesis que contradecía toda la tradición electrodinámica clásica.

La magnitud de la ruptura era tan grande que el propio Planck justificó en un inicio su procedimiento aduciendo que no se trataba sino de una mera técnica de cálculo, carente de representación física, cuyas cantidades discretas al expandirse posteriormente restablecerían la continuidad física “real” de la energía. Pero la propia fórmula lo hizo imposible, pues ella consignaba una igualdad que asociaba la energía a una frecuencia que al expandirse en la emisión o absorción,

168 Cuenta Heisenberg que el mismo día de su descubrimiento, Planck comentó anodado a su hijo: “...creo que hoy he hecho un descubrimiento tan importante como el de Newton”, en *Physics and Philosophy, the revolution in modern science*. London, 1963, Allen and Unwin, p. 35.

lo hacía exclusivamente en cantidades enteras (cuántos), de lo contrario colapsaba su propia continuidad.

La magnitud proporcional de estos cuantos se calculaba multiplicando la frecuencia " f " por una constante universal conocida luego como *constante de Planck* que se simboliza por la letra " h ".

Estas porciones de energía eran diferentes –según Planck– para los distintos tipos de radiación. Cuanto más corta era la longitud de la onda de luz, mayor era la porción de energía. Matemáticamente se expresaba con la fórmula:

$$E = h_f$$

Donde E es la energía del cuanto, f es la frecuencia, y h el coeficiente de proporcionalidad (en términos de la unidad llamada ergios por segundo). Este coeficiente es igual en todas las formas de energía conocidas. Su valor es pequeñísimo, aproximadamente:

$$6.6 \times 10^{-27} \text{ erg.s}$$

Por ejemplo, la cantidad de cuantos en la energía irradiada por una lámpara de 25 w será de 60 trillones de porciones de energía por segundo. Esto nos da la ilusión de que la luz fuera continua.

Planck no pudo sugerir un experimento directo para respaldar su hipótesis y, por otro lado, ésta no sólo era indeducible, sino contradictoria con la teoría del electromagnetismo clásico.

Tomando los resultados de Planck (1900) y Einstein (1905), el físico danés Neils Bohr llevó adelante en 1913 un primer intento de fusionar los resultados de la novedosa Electrodinámica cuántica con la Mecánica en un nuevo modelo de átomo.

Ante la incapacidad de reducir la estructura discontinua de la materia a la estructura continua del electromagnetismo clásico, se intentó el camino inverso, reducir la estructura continua del electromagnetismo a la estructura discontinua de la mecánica. Tal era al menos la apariencia de los programas de Lorentz, Planck y Bohr.

Los experimentos de Planck y la teoría de Einstein habían mostrado que los espectros luminosos estaban formados por líneas separadas, discretas, no continuas. De ello se infería la hipótesis de que la energía de radiación por los cuerpos materiales podía también no ser continua sino discreta, a saltos.

Basado en esta idea, Bohr reformuló el modelo solar de átomo e introdujo la hipótesis de que los electrones existentes en un átomo deberían almacenar energía en *diferentes niveles*, por capas u órbitas sucesivas. Cuando mayor fuera la distancia del electrón orbitante con respecto al núcleo, más elevado sería su depósito de energía.

Mientras los electrones permanecen girando en una órbita dada, no emiten ni absorben energía. Esto sólo se da cuando saltan de una órbita a otra. La diferencia de una órbita a otra es mínima; no puede haber menor y corresponde a un cuanto de energía. Por lo mismo, las órbitas y los electrones no pueden estar en cualquier lado. Su paso de una órbita a otra no es continuo (espiral) sino a saltos.

Cuando un electrón salta de una órbita externa a una interna pierde energía y la emite en la forma de un fotón o cuanto de luz ($f = -E/h$). Cuando salta de una órbita interna a una externa es porque ha absorbido un cuanto de energía ($E = h\nu$), esto es, la constante de Planck. Por ello, un átomo no puede absorber cualquier energía, ni más ni menos que un cuanto. La frecuencia de la energía luminosa emitida o absorbida es igual a la diferencia o producto de la energía existente entre las dos órbitas.

Cada órbita constituye un nivel de energía. Por ello el electrón no emite energía en forma continua y no colapsa en el núcleo ni se escapa fácilmente del átomo¹⁶⁹.

169 La formulación literal de las cinco hipótesis que Bohr sugirió en un artículo de 1913 fue la siguiente: "La teoría de Planck... está en contradicción con la teoría de Rutherford... Para poder aplicar los principales resultados obtenidos por Planck es necesario introducir nuevas hipótesis relativas a la emisión y absorción de radiación por un sistema atómico. Las hipótesis más importantes introducidas en este artículo son: 1. La energía radiada no se emite (ni se absorbe) de la forma continua que supone la electrodinámica ordinaria, sino sólo cuando los sistemas pasan de un estado estacionario a otro. 2. En los estados estacionarios, el equilibrio dinámico del sistema está regido por las leyes ordinarias de la mecánica, leyes que no son válidas en las transiciones entre los distintos estados estacionarios. 3. La radiación emitida durante la transición de un sistema entre dos estados estacionarios es homogénea, siendo la relación entre la frecuencia f y la energía total emitida E , $E = h\nu$, donde h es la constante de Planck. 4. Los diferentes estados estacionarios de un sistema simple que consista en un electrón girando en torno a un núcleo positivo, quedan determinados por la condición de que la relación entre la energía total emitida en la formación de la configuración y la frecuencia de revolución del electrón sea circular, esa

La energía emitida o absorbida a causa del salto es igual a $h\nu$, siendo ν la frecuencia de la radiación emitida y h la constante de Planck¹⁷⁰.

De acuerdo al modelo de Bohr (con algunas modificaciones), un electrón estaría *completamente definido* dentro de un átomo (su *posición y velocidad*) cuando conocemos los valores de los números cuánticos que lo componen, que son cuatro para el modelo de Bohr modificado.

En otras palabras, se habría logrado la definición funcional de la transformación de energía en la materia, donde cada nivel de energía correspondería a un estado peculiar del átomo que puede tener su origen en el cambio de órbita del electrón¹⁷¹.

A primera vista, a principios de siglo daba la impresión de que la Física comenzaba a retornar nuevamente a sus cauces clásicos: a la imagen corpuscular discontinua del mundo material.

De hecho, "... en el átomo de Bohr, aún en su forma modificada, se concibe el electrón como una partícula"¹⁷².

Precisamente en la medida en que los electrones son concebidos como corpúsculos o puntos materiales, su posición y velocidad podrían ser perfectamente determinadas y cuantificadas. Se trataba de una partícula clásica¹⁷³. En la teoría de Bohr: "... las condiciones de cuantificación eran en cierto modo *superpuestas sobre los resultados de la mecánica clásica*"¹⁷⁴.

hipótesis equivale a decir que el momento angular del electrón que gira en torno al núcleo es un múltiplo entero de $h/2\pi$. 5. El estado 'permanente' de un sistema atómico, es decir, el estado en el cual la energía emitida es máxima, está determinado por la condición de que el momento angular de cada electrón en torno al centro de su órbita sea igual a $h/2\pi$ ". Bohr, N.; "On de constitution of atoms and molecules", en *Philosophical Magazine*. London, 1913, 26, part 3, pp. 874-875.

170 Daniel Launois; *La electrodinámica cuántica*. Barcelona, 1970, Oikos-Tau, p. 14.

171 *Ibid.*, p. 15.

172 Alan Isaacs; *Introducción a la ciencia*. Buenos Aires, 1966, EUDEBA, p. 207.

173 En la teoría de Bohr: "... el electrón se había mostrado siempre enteramente asimilable a un *punto material* cargado eléctricamente". Luis De Broglie; *La física nueva y...*, *op. cit.*, p. 164.

174 *Ibid.*, p. 162.

Pero, ¿un electrón, o cualquier entidad cuántica, era lo mismo que un punto material clásico? La experiencia reveló de inmediato que un retorno al atomismo no era tan sencillo: "... las propiedades del electrón *no eran siempre las de un simple corpúsculo*"¹⁷⁵, ni las cantidades enteras cuánticas podían interpretarse físicamente como simple masa positiva.

La dificultad para considerar el electrón como una partícula clásica se reveló en la imposibilidad de calcular su movimiento mediante el tradicional procedimiento de determinar su posición y velocidad *simultáneamente*, como es el caso de toda partícula material tratada por la Mecánica moderna.

Por ejemplo, para describir y calcular el movimiento de una partícula material muy pequeña como una partícula de polvo, necesitamos verla mediante una mínima cantidad de luz. El mínimo cuanto de luz es un fotón. El fotón choca con la partícula dura, luego del choque se refleja en ella y vía un fino microscopio llega a nuestro ojo y decimos que "vemos" la partícula de polvo. Podemos entonces calcular simultáneamente su posición y velocidad.

Pero con un electrón no sucedía lo mismo. El choque es profundamente significativo. El fotón le cede su impulso. Donde había un electrón, de éste no queda ni rastro en el momento en que el fotón reflejado llega a nuestro ojo. Sucede como *si su masa se esparciera en toda una región del espacio*.

Si lanzamos un fotón para saber su posición es imposible averiguar su velocidad intrínseca. Y si intentamos medir su velocidad perdemos la posición del electrón. Esto jamás se había presentado en la Física anterior.

Cuando los físicos comenzaron a estudiar el electrón, pensaron que éste se regiría —como cualquier partícula— por las mismas leyes. Ahora teníamos que no existía, ni podía existir, una imagen perfectamente definida del electrón. No era una partícula. El propio Bohr fue explícito en relación a la debilidad y artificialidad de su teoría, al interpretar el *cuanto* como una partícula clásica.

175 *Ibid.*, p. 164.

Esta fue la base sobre la que W. Heisenberg —discípulo de Bohr— elaboró su famosa *Relación de Indeterminación* (RI), en la que de manera inversa a lo hecho hasta entonces, se intenta lo increíble: determinar matemáticamente la indeterminación existente (esto es, medir el grado de nuestra ignorancia) sobre esta extraña y gaseosa “partícula”, mediante la fórmula:

$$\Delta x \cdot \Delta v_x \geq h/m$$

Donde Δx es la varianza de la medida de la posición, Δv_x la varianza de la medida de la velocidad en la dirección x , y $\geq$ que indica que el producto de las indeterminaciones no puede ser menor que la magnitud del segundo miembro de la ecuación conformado por h que es la constante de Planck, sobre m , que es la masa de la *partícula* que consideramos positivamente constante sólo cuando su velocidad dista mucho de la velocidad de la luz. Ahora, la cantidad descrita por la constante de Planck trataba de determinar los valores de una cantidad conformada por nuestra ignorancia objetiva. Y decimos objetiva porque esta cantidad es un valor del sistema y no de un observador externo.

Efectivamente, con el principio de Indeterminación, la constante de Planck adquiere una nueva luz; no describe una entidad singular aislada, sino una relación entre dos variables (supongamos p y v) que no podemos observar simultáneamente (posición y velocidad), pues si se mide primero p , distorsionamos el valor de v y si medimos primero v distorsionamos p . Ello quiere decir que existe entre ellas una relación de dependencia sistémica.

El principio de Indeterminación nos sugiere entonces medir el valor de dicha incertidumbre teniendo en cuenta que en un sistema el orden de los valores sí altera el producto; apela para ello a un simbolismo de matrices (donde no rige el principio lógico de conmutatividad). Como las indeterminaciones de p y v no son independientes (separables), nos informan de alguna simetría fundamental y no constituyen una “ausencia de conocimiento”.

Los científicos discutían quién tenía la culpa de la indeterminación del electrón: si la insuficiencia de nuestros aparatos de medición o la naturaleza misma del electrón que no era una partícula clásica. En realidad, Heisenberg respondió con esta ecuación: ¡los dos!

Sucede que cuando nuestros aparatos teóricos de medida quieren averiguar simultáneamente la velocidad y la posición del electrón, lo que le están exigiendo *a priori* es que se comporte como una partícula, es decir como una entidad aislada, independiente de sus relaciones. Aquí residía precisamente el núcleo de la noción moderna de "objetividad científica". En consecuencia, los sucesivos fracasos del cálculo no son una mala noticia, simplemente quieren decir que no estamos utilizando el aparato categorial adecuado para medir una entidad que responde a sistemas de medición diferentes.

Para entender la importancia de un aparato conceptual adecuado, podríamos preguntarnos, por ejemplo, ¿qué fenómenos físicos —ya conocidos— son aquellos de cuya velocidad y posición no podemos dar cuenta *simultáneamente*? Respuesta: *Los fenómenos ondulatorios*.

En efecto, la frecuencia de una onda no se puede determinar en "un instante". Para determinar la frecuencia de las oscilaciones de una onda, se requiere observarla *durante un tiempo continuo*. Igualmente, su longitud no depende de la posición de un punto cualquiera de la onda.

Análogamente, cuando exigimos al electrón que nos dé su posición y velocidad "en cada instante", encontramos que esto es imposible. Ello no se debe a los límites de nuestro conocimiento en general, sino a los límites de nuestro aparato categorial atomista. Una vez más, nos tropezamos con un problema que no tiene resolución empírica o simplemente operacional, sino categorial.

En realidad, el electrón nos estaba revelando que no era una partícula puntual simple¹⁷⁶, es decir, un punto material invariable y perfectamente determinable sino hasta cierto límite, y hasta ahí la teoría de Bohr funcionaba adecuadamente (estados estacionarios).

176 "Veremos más tarde que los descubrimientos del electrón pesado y del neutrino encierran, quizá, la primera prueba de una estructura interna". V.F. Weisskopf; "Las tres espectroscopias", *Scientific American*, mayo de 1968, reproducido en *Partículas elementales, quarks, leptones y unificación de las fuerzas*. Barcelona, 1984, Prensa Científica, *op. cit.*, p. 38.

Pero en determinados momentos (estados excitados), cuando se producían “saltos” de una órbita a otra, la teoría de Bohr era incapaz de seguir al electrón; se operaba en éste algo así como una transformación en su transición de una órbita a otra y adquiría propiedades ondulatorias, como si un punto sólido se licuara y esparciera en toda una región del espacio. Ello sugería también la existencia de alguna relación estructural entre las propiedades electrónicas y las propiedades químicas de los diversos elementos, pues si bien el sistema de envolturas (órbitas) establecido por el modelo de Bohr explicaba las diferencias entre las propiedades químicas de la Tabla Periódica de Mendeleiev según la distribución de electrones en cada órbita, dicha disposición resultaba arbitraria, carecía de alguna regla general que justificara su propia distribución.

Fue nuevamente otro discípulo de Bohr, el vienés Wolfgang Pauli, quien formuló la regla conocida desde entonces como “Principio de exclusión de Pauli”, según el cual todo sistema de partículas elementales —como el conjunto de electrones de un átomo— no permite que dos de ellas se muevan (ocupen el mismo estado energético) de la misma manera.

Los problemas se tornaron entonces desconcertantes para el paradigma ontológico atomista. Las propiedades corpusculares y las propiedades ondulatorias son operativamente opuestas en la descripción matemática de los fenómenos naturales, pero ahora se presentaban firmemente unidas en una sola entidad: el electrón. El problema no era tanto del formalismo, sino de la interpretación física de una entidad en cuya “estructura” ambas propiedades formales no convergentes, no resultaban en una relación contradictoria, “... las dos corrientes opuestas de pensamiento confluían al final, de manera formalmente matemática”¹⁷⁷. ¿No planteaba esto la necesidad de revisar nuestra *noción de objeto físico*?

177 E. Schrödinger; *¿Qué es una ley de la naturaleza?* México, 1975, FCE, p. 28. Cf. también Lovett Cline, B.; *Los creadores de la nueva física*, op. cit.: “La idea de Bohr de que las energías del átomo son discontinuas (cuantizadas) era correcta, pero no su explicación. El electrón no es como suponía Bohr, una versión en miniatura de las partículas materiales de que se ocupaba la física preatómica”(p. 157).

Es aquí donde precisamente la idea de Heisenberg suscitó una verdadera problematización de nuestro paradigma físico-moderno de cientificidad, particularmente de nuestras nociones de referencia objetiva, información objetiva y predicción, en el sentido de que la “indeterminación cuántica” no se refiere –como de hecho fue malentendido inicialmente– a nuestra “ignorancia subjetiva” como una restricción negativa de nuestro conocimiento (ausencia de conocimiento) acerca de entidades ocultas a nuestros sentidos.

Lo que el principio de Indeterminación cuestionó fue la interpretación de las entidades físicas más básicas como unidades puntuales de masas positivas invariantes de manera independiente de sus relaciones; dicha interpretación funcionaba como una suerte de regla semántica de nuestro lenguaje científico tradicional separando radicalmente las “entidades” de las “relaciones”. Con las entidades cuánticas esta regla de separabilidad ya no era posible. Nos encontrábamos ahora ante entidades sistémicas conformadas por relaciones internas pero no convergentes.

No sólo el propio Heisenberg¹⁷⁸, sino también diversos historiadores de la ciencia, han atribuido dicho viraje a un compromiso ontológico conscientemente asumido por el creador del principio de Indeterminación, debido a la influencia que recibió de la lectura del diálogo platónico *Timeo*, el cual “explicaba la infinita variedad de la naturaleza sobre la base de formas geométricas insustanciales y de sus combinaciones...”¹⁷⁹.

Aparecen “ondas de materia”

El nombre puede resultar sorprendente para todo aquel que venga de la tradición mecanicista clásica. El mismo nombre de Mecánica está ligado al estudio del movimiento de los fenómenos corpusculares discontinuos de materia.

178 Heisenberg, W.; *Encuentros y conversaciones con Einstein*, op. cit., pp. 23-24 y 89-90.

179 Lovett Cline, B.; *Los creadores de...*, op. cit., pp. 197 y 266.

Por el contrario, el concepto ondulatorio se encuentra ligado al electromagnetismo, y para la Física clásica la continuidad de la energía era un postulado fundamental. Primero fueron los *cuantos* energéticos de Planck y ahora las “ondas de materia” de De Broglie, las que van a alterar completamente el panorama.

En setiembre de 1924 apareció en *Philosophical Magazine*, revista inglesa sobre temas físicos, un artículo firmado por un autor francés poco conocido, Luis De Broglie. Fue allí donde por primera vez se habló de “ondas de materia”¹⁸⁰.

De Broglie afirmaba en su artículo que “estas ondas se producen cuando se mueve cualquier objeto, sea éste un planeta, una piedra, una partícula de polvo o un electrón”, incluso los cuerpos “no cargados eléctricamente”.

Pero lo más novedoso del artículo residía en que no se trataba de un nuevo intento reduccionista. Las ondas a que se refería De Broglie tampoco eran las viejas ondas *continuas* del Electromagnetismo clásico.

Las ondas de De Broglie se diferenciaban de las ondas clásicas del Electromagnetismo, en primer lugar, porque ahora se les consideraba como *propiedad de los cuerpos materiales*. En segundo lugar porque, a diferencia de las ondas clásicas, las ondas de De Broglie no eran continuas sino “cuánticas”, es decir, discretas.

La longitud de onda era proporcional a la masa del cuerpo material y la velocidad de su movimiento. Ésta se expresa con la siguiente fórmula:

$$\lambda = h/mv$$

Donde: λ = longitud de onda, m = masa, v = velocidad, h = la constante de Planck. El carácter discontinuo (cuántico) de estas increíbles “ondas” se da por la presencia en la fórmula de la constante de Planck.

Se trata de ondas extraordinariamente pequeñas si atendemos al numerador del segundo miembro de la ecuación dado por la constante de Planck (cuyo valor, como ya dijimos, es de 6.6×10^{27} erg.s). Ningún aparato podría registrar directamente esta longitud, que en el

180 Cit. por Ridnik; Leyes..., *op. cit.*, p. 62.

caso de una piedra en movimiento sería trillones de veces menor que un átomo.

Pero lo verdaderamente importante en la ecuación de De Broglie es que permitía una descripción dinámica de los procesos de transición y transformación del electrón de partícula en onda y viceversa, cosa que resultaba imposible en la teoría corpuscular de Bohr, que sólo valía para describir estados estacionarios.

La teoría de Bohr no podía explicar las transiciones cuánticas. La raíz de esto residía en su punto de partida claramente corpuscular y discontinuo.

La tarea que aparecía, por tanto, como más urgente y fecunda era hacer un esfuerzo para atribuir al electrón y más generalmente a *todos los corpúsculos*, una naturaleza dualística... dotarlos de un aspecto ondulatorio y de un aspecto corpuscular ligados entre sí por el cuanto de acción¹⁸¹.

En la ecuación de De Broglie la onda está asociada al movimiento del electrón y desaparece cuando éste se detiene; el denominador se anula y la longitud de la onda se hace infinita. Cresta y valle de la onda se alejan tanto uno del otro que la onda deja de ser onda. ¿De dónde sale la onda? De la partícula.

La propiedad ondulatoria de los electrones se manifiesta con el aumento de *masa y velocidad* (Einstein) de los electrones. Por el contrario, cuando la longitud de las ondas decrece, empiezan a manifestarse las propiedades corpusculares del electrón, resultando inobservables sus propiedades ondulatorias en la mayoría de los cuerpos lentos que manipulamos cotidianamente.

Al manifestarse las propiedades ondulatorias, la *partícula* electrónica perdía su perfecta determinabilidad de posición y velocidad. Ella se tornaba probabilística. Max Born sugirió el concepto de “onda de probabilidad”.

Lo que en la Mecánica clásica se encontraba absolutamente separado fue matemáticamente unido por De Broglie. En la Mecánica

181 Louis De Broglie; *La física nueva y...*, op. cit., p. 166.

clásica el movimiento de las partículas materiales era resuelto por la ecuación que conforma la segunda ley de Newton. La trayectoria de una onda era en cambio definida mediante la ecuación de onda de D'Alambert.

De Broglie pudo unir ambos métodos en una sola ecuación, para lo que utilizó las clasificaciones que un siglo antes había realizado el matemático escocés W. Hamilton. Éste había observado cierta analogía entre los procedimientos para describir el movimiento mecánico de los cuerpos y la propagación de la luz. Pero De Broglie demostró que no se trataba de una simple analogía formal sino de una ecuación susceptible de un profundo significado físico.

En 1926 y en forma paralela a De Broglie, Schrödinger modificó la ecuación de Hamilton y obtuvo las ondas de De Broglie. Esta modificación es conocida como la "ecuación de Schrödinger" ($\hat{H}\psi = E\psi$), donde $\hat{H}$ es un operador hamiltoniano que representa la energía total del sistema (cinética + potencial) mediante una función asociada al mismo¹⁸².

Lo novedoso de esta ecuación es que al describir la función de onda como una función escalar y no como un vector, permitió asociar la onda a un corpúsculo y no referirla —al igual que las ondas clásicas— a la vibración de un medio, como el éter, por ejemplo.

Por otro lado, en la medida que la ecuación es compleja, es decir, que "sus coeficientes no son todos números reales y que la cantidad $\sqrt{-1}$ figura en ellos"¹⁸³ (números imaginarios), no resulta reducible a un simple punto o corpúsculo individual y claramente definido¹⁸⁴. Con

182 "Mientras Heisenberg llega a esta nueva mecánica por modificación de las reglas formales del cálculo, Schrödinger, con un punto de vista enteramente distinto llegó independientemente a resultados matemáticamente equivalentes, basando su teoría en una idea que reemplaza el movimiento del sistema mecánico por un proceso ondulatorio". Hermann Weyl; *Filosofía de las...*, op. cit., p. 213.

183 *Ibid.*, p. 176.

184 "La mecánica cuántica no describe los electrones de los átomos como partículas puntuales sino como superposición de ondas, que pueden interpretarse como una distribución de probabilidad alrededor del núcleo". Freedman, D.Z. y van Nieuwenhuizen; "Supergravedad y unificación de las leyes de la física", en *Scientific American*, abril de 1978, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 274.

ello, no sólo la información sino también la predicción causal “pierden” la precisión puntual que demanda el axioma clásico de extensividad, que requiere la enumeración individual de todos los elementos o propiedades de un conjunto susceptible de ser comparado (medido por algún sistema de referencia). Esto no implica, sin embargo, que nuestra información y predicción se vuelve inexacta, sino que los elementos de estos “conjuntos” obedecen a leyes o interacciones causales de grupo y no de individuos linealmente ordenados.

En otras palabras, esta estructura ondulatoria, a diferencia de un conjunto corpuscular, constituye un conjunto de relaciones sistémicas que resulta imposible de explicar por la suma de interacciones puntuales de cada uno de sus individuos.

La “función de onda” es la solución que adquiere una ecuación diferencial básica que no refiere a partículas, ondas o propiedades de ellas, en el sentido de historias individuales, sino a la probabilidad del sistema. No sigue la pista de un electrón, sino más bien “... sugiere que no se puede distinguir un electrón de otro. En tal caso, nuestras ecuaciones deberán describir esta indistinguibilidad... de tal modo que los electrones resulten intercambiables sin que se afecte el valor absoluto de la ecuación. Técnicamente esto se puede conseguir haciendo que la ecuación sea simétrica... imponer simetría a la ecuación significa limitar las soluciones que da (...) los estados energéticos que puede ocupar un electrón”, resultado que de hecho coincidió con el principio de exclusión de Pauli¹⁸⁵. Pero aquí llegamos a una paradójica conclusión: las ideas atomistas no resultan aplicables a los átomos.

El carácter *no reduccionista* de la ecuación de Schrödinger permitió deducir sorprendentes consecuencias acerca de las propiedades del electrón.

Se puede decir, por ejemplo, que en un átomo o en un metal los electrones se encuentran en movimiento. Pero decimos también que su movilidad no es “absoluta”. Sólo se mueven dentro de ciertos límites; no pueden saltar espontáneamente fuera del átomo o del metal en que se mueven. Este límite de movilidad se denomina *Barrera de*

185 Lovett Cline, B.; *Los creadores de...*, op. cit., pp. 225-226.

Potencial (BP). Se puede representar físicamente de una manera intuitiva como si fuera una bola metida en un hoyo.

De acuerdo con la Mecánica clásica decimos que cuanto más bajo se encuentra un cuerpo en un hoyo, más baja es su energía potencial y viceversa. Al punto más bajo se le denominará *Pozo de Potencial* (PP).

El procedimiento clásico para romper la Barrera de Potencial de un cuerpo cualquiera consiste en *introducírle mayor energía* mediante el Trabajo. Por ejemplo, en el efecto fotoeléctrico se ilumina un metal con una luz suficientemente corta. El electrón absorbe la energía y salta de su Pozo de Potencial a la cumbre de su Barrera de Potencial y resulta libre.

En la Mecánica moderna, una bola se quedaría para siempre en el PP, salvo que se le suministre la energía necesaria para salvar su BP. Esto es válido para cualquier objeto material. Todo cambio o movimiento de la inercia es siempre producto de una fuerza externa. La posibilidad contraria (ruptura de la inercia sin acción de una energía externa) es rigurosamente nula o negativa. En ello se basa la primera ley de la Mecánica que es la Ley de la Inercia.

Ahora, con la ecuación de Schrödinger, la ruptura espontánea de la Barrera de Potencial por una "partícula" electrónica *nunca es negativa*. Se burla de la ley de la inercia clásica. Por esto se le llama "efecto-túnel". Es como si se filtrara mediante un túnel y pasara su Barrera de Potencial "sin ningún esfuerzo", espontáneamente. Esto –repetimos– estaba en contradicción con la ley más básica de la Física clásica y con el "sentido común" que ella estableció desde comienzos de la modernidad.

Esta extraña "elasticidad" del electrón nos revela nuevamente que no se trataba de una bola o partícula clásica claramente definida, en la que se puede establecer de manera constante su masa de reposo. Examinemos las magnitudes de la ecuación de Hamilton, donde $E_{cin} = m \cdot v^2/2$

Acá, la velocidad al cuadrado (sea cual sea su signo) es siempre positiva y su denominador "2" es también un número positivo. Lo único con posibilidad de tener un valor negativo es... ¡la masa de la partícula!

Pero al hablar de la “masa negativa”, la propia idea de *partícula* comienza a dejar de tener sentido. Por ejemplo: la velocidad de una partícula no podría depender de sus “posiciones”, o siquiera predicarse de ella algo así como una “*trayectoria clásica*”, si no presupone-mos alguna masa positiva constante.

De hecho, la ecuación de Schrödinger (que es una ecuación diferencial en derivadas parciales de segundo orden) *define magnitudes que varían en el espacio y en el tiempo*.

Por ello, el modelo clásico de Bohr sólo podía describir los estados estacionarios de un electrón en el átomo. La ecuación de Schrödinger describe la transición de una órbita a otra unificando dos hipótesis que parecían incompatibles: los cuantos de energía de Planck y las ondas de materia de De Broglie.

En consecuencia, la incapacidad del modelo planetario de Bohr para describir la transición que se opera en el electrón cuando pasa de una “órbita” a “otra”, resulta de la *noción corpuscular* heredada de la Mecánica clásica, una ontología que supone una masa constante.

La noción de corpúsculo desarrollada en la Mecánica moderna, no sólo estaba ligada a la comprensión de la materia como una entidad plenamente discontinua y rígidamente invariable del atomismo. *Con la noción de corpúsculo abstraemos un cuerpo, en cada instante, de su conexión e interacciones con el resto del mundo material*. Esta idea está estrechamente ligada a toda una concepción metafísica tradicional sobre la sustancia.

El movimiento de un cuerpo que no está sujeto a la acción de ninguna fuerza externa, no sólo es metodológicamente una pura abstracción especulativa, sino todo un paradigma ontológico acerca de la naturaleza del ente, mediante el cual un cuerpo, cosa u objeto material puede ser abstraído e independizado de sus interacciones y un objeto físico puede ser lógicamente concentrado en un punto. Dicha noción de objeto aislable es la noción de objeto manipulable que conviene a la noción moderna de la naturaleza.

Con el desarrollo de la ecuación de onda de De Broglie y Schrödinger, esta abstracción metafísica reveló sus límites y antinomias.

Electrón: “movimiento propio” y “movimiento inercial”

El desmoronamiento de la imagen puramente corpuscular del electrón condujo a una reconsideración del concepto mismo de movimiento inercial.

Según los principios de la Mecánica moderna, el movimiento del electrón en un átomo estaría perfectamente determinado calculando la acción de las fuerzas simples de atracción y repulsión con el núcleo, anulándose en el caso de un electrón “libre”, es decir, un electrón que se moviera en el vacío absoluto.

Pero resultó que el físico holandés G. Uhlenbeck y el científico norteamericano S. Guudsmith descubrieron una magnitud que revelaba la existencia de un *movimiento propio del electrón*. Este movimiento lo posee independientemente de si gira alrededor de un núcleo, viaja “semilibre” por un pedazo de metal, o completamente libre en el vacío. A este “movimiento propio” se le denominó “spin”.

De acuerdo con la Mecánica clásica, los físicos intentaron explicar inicialmente este fenómeno derivándolo de la atracción y repulsión y definiéndolo como una “rotación del electrón”. De hecho, la palabra “spin” significa, en inglés, “trompo”.

Pero esto implicaba volver a interpretar el electrón como una bola y conducía a contradicciones flagrantes con la teoría de la relatividad, y con la propia Electrodinámica clásica, pues al sumar el *spin* con las otras magnitudes del electrón éste resultaba poseer una velocidad casi 70 veces mayor a la de la luz.

En definitiva, el electrón no podía ser explicado en términos de la Mecánica clásica. Se trataba de una magnitud no constante y no sujeta al teorema de adición de velocidades. Con esto se daba un nuevo paso para rechazar la imagen clásica de la materia invariable en su masa e inerte en su movimiento.

El núcleo: ¿último refugio del atomismo?

Hacia finales de la década de 1920 la Mecánica cuántica comenzó a penetrar en el corazón del átomo.

Con base en las informaciones acumuladas desde fines del siglo XIX por las investigaciones de Henry Becquerel, los esposos Curie y E. Rutherford, era ya claro que el núcleo atómico tampoco estaba conformado por una partícula simple sino por una estructura compleja.

Los tres primeros científicos descubrieron las interesantes propiedades que manifestaban los últimos cuatro elementos de la tabla de Mendeleiev (radio, plomo, torio y uranio), los cuales emitían radiaciones cuya intensidad era capaz de velar placas fotográficas.

Rutherford estableció que se trataba de tres tipos de radiaciones diferidas, a las que llamó *Alfa*, *Beta* y *Gamma*. Supuso que estas se originaban en el núcleo y no en la capa electrónica, debido a que los rayos *Alfa* tenían una carga positiva dos veces mayor que la del electrón. Asimismo, cuando el átomo emitía radiaciones *Beta*, no se ionizaba, es decir, su envoltura electrónica no se deterioraba.

Finalmente, en 1932 el descubrimiento del neutrón por el físico inglés James Chadwick condujo a aceptar definitivamente la complejidad del núcleo atómico¹⁸⁶.

Se conjeturó entonces que en el núcleo existían dos partículas: el protón y el neutrón. La imagen que se elaboró sobre esta base correspondió nuevamente a los principios clásicos del electromagnetismo.

Para explicar entonces la estabilidad del átomo en su conjunto, se supuso que la carga del núcleo debería ser *igual* al conjunto de la carga de todos los electrones, siendo positiva para el núcleo y negativa para los electrones.

El papel del neutrón sería análogo al de una especie de cemento. Su carga neutra o ausencia de carga, cumpliría la función de amortiguar e impedir la dispersión de los protones entre sí por su misma repulsión. La presencia del neutrón se hacía necesaria porque la cercanía de los protones aumentaba su mutua repulsión en forma más intensa que la fuerza contraria ejercida por los electrones que giraban a su alrededor.

186 "Hace 50 años, Ernest Rutherford descubrió que el núcleo atómico tenía estructura. Siete años después, establecía la estructura planetaria del átomo...". Victor F. Weisskopf; "Las tres espectroscopias"; reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 34.

Werner Heisenberg enunció entonces la contradicción insoluble que implicaba que el núcleo fuera explicado en términos de la Electrodinámica clásica: las fuerzas que mantienen unido el núcleo material del átomo —debido a la intensidad requerida por el pequeñísimo espacio que ocupan las partículas nucleares— tienen que ser de tal intensidad que no pueden ser iguales a las débiles interacciones de los electrones. Se trata de fuerzas *no eléctricas*.

La fortaleza y especificidad de las interacciones nucleares se manifestaba en que no se podía escindir el núcleo del átomo por medios químicos, presiones y temperaturas muy altas ni por campos eléctricos muy intensos que sí pueden romper las capas electrónicas del átomo.

¿Cuál puede ser la naturaleza de la fuerza de un neutrón si éste tiene carga neutra o, mejor dicho, si carece de carga eléctrica? El mismo Heisenberg lanzó la hipótesis de que estas fuerzas nucleares muy intensas eran “fuerzas de atracción por intercambio”.

Esto era ininteligible desde el punto de vista clásico. Las interacciones de intercambio tienen sólo sentido entre dos sustancias iguales (por ejemplo, el intercambio de electrones entre dos moléculas).

En 1935 el físico japonés Hideki Yukawa lanzó la increíble hipótesis de que este “intercambio” consiste en transformaciones sucesivas del protón en neutrón y viceversa. De esta hipótesis dedujo la existencia de una entidad común a ambos que permitiera comprender la transición de uno en otro: la llamó *mesón*.

En 1947 el físico inglés Cecil Powell consiguió confirmar la existencia del mesón, al que llamó “mesón- π ” para diferenciarlo del “mesón- μ ”, que actúa dentro de los límites de la interacción eléctrica ordinaria.

Fue entonces que se pudo establecer con relativa claridad la extraordinaria fortaleza de esta “energía de enlace” nuclear, que es de millones de electrovoltios, frente a la que las fuerzas de interacción no nucleares resultan demasiado débiles.

Mientras más fuerte es esta energía de enlace, más sólido resulta el núcleo; siendo el de helio el más sólido de la naturaleza, dado que el de hidrógeno, al poseer sólo un protón, carece de energía de enlace nuclear.

Inversamente, en la medida en que el núcleo aumenta en sus dimensiones debido al mayor número de partículas, comienza a perder su solidez y es más inestable. Los núcleos ubicados al final de la tabla de Mendeleiev son los más inestables, debido a la emisión de radiaciones.

Precisamente, los rayos *Alfa* (pares de protones y neutrones) tienen ese carácter compuesto. Al ser desprendidos del núcleo, no salen como protones y neutrones aislados, debido a que en estas tétradas se concentra la mayor energía de enlace.

La emisión de los rayos *Alfa*, al darse por el “efecto túnel”, revelaba también la propiedad ondulatoria de las entidades nucleares; y el hecho de que se encuentren formadas por tétradas de protones y neutrones muestra la inexistencia de un cuerpo central como el que existiría en el caso de una bola circular densa y simple.

Las transformaciones radiactivas de los núcleos evidenciaron también un “sentido” en el proceso: *la transición va de los núcleos menos estables a los más estables*. Las interacciones nucleares no pueden entonces ser entendidas como interacciones mecánicas *reversibles y atemporales*.

En conclusión, el núcleo —el punto en donde se concentra la masa del átomo y la estructura más elemental de la materia— tampoco es un corpúsculo simple e inerte, sin movimiento propio, infinitamente denso y claramente delimitado, como el punto material de la Mecánica clásica.

Se trata de una entidad compleja, con un movimiento interno propio (a diferencia de las fuerzas simples y externas que rigen la Mecánica moderna). En él tampoco se operan las transformaciones meramente repetitivas de la Mecánica moderna, sino que posee un *sentido* evolutivo que va de la inestabilidad a la estabilidad.

En tal sentido, cuando se habla tanto de *partículas* como de *capas de partículas* que componen el núcleo, se habla en un sentido muy relativo. Esto se reveló con toda nitidez cuando los físicos intentaron elaborar un modelo de núcleo atómico.

Un modelo de núcleo construido sobre las nociones de *partículas* y *capas de partículas* sólo supondría un modelo cerrado, estable y saturado de un núcleo. Tal vez esta imagen se acerque a la de los núcleos ligeros, pero no al proceso en su conjunto mediante el cual se conforman los más pesados.

Fue esta incongruencia la que llevó a muchos físicos a postular el modelo del “núcleo gota”, en el que las diversas “partículas” nucleares en continuo movimiento caótico tendrían contornos o “límites” variables, pero con la suficiente densidad como para no romperse.

Este proceso llevó en los años cincuenta a que ambos modelos (*núcleo capa* y *núcleo gota*) fueran unificados en el llamado *modelo colectivo*. Lo fundamental es que se ha abandonado totalmente la estructura corpuscular o planetaria del modelo atómico clásico. Las esferas y sus centros nítidamente determinados han perdido todos sus contornos y referencias. Una verdadera revolución de la imagen copernicana que inaugurara la modernidad científica. Ahora el centro ha desaparecido.

Esto fue lo que permitió sugerir una explicación plausible a la misteriosa desintegración *Beta*. Esta es una de las formas más difundidas de desintegración natural de los núcleos atómicos. El misterio residía en que la “partícula” *Beta* estaba compuesta de *electrones* y *positrones*, pero lo paradójico era que por sus dimensiones un electrón “no cabía” en el núcleo.

Peor aún, la emisión de un electrón implicaría que éste se llevaría su *spin* del núcleo. Pero resultaba que luego de cada emisión *Beta*, el *spin* total del núcleo no disminuía. ¿De dónde salía entonces esta energía?

Esto violaba las leyes clásicas de conservación de la energía y de conservación del momento de impulsión. El movimiento no aparece de la nada, ni desaparece en la nada: sólo puede transformarse.

W. Pauli conjeturó una salida al entrapamiento: al lado del electrón debe existir otra *partícula* que “no se había observado”: el *neutrino*. Debe tener un *spin* igual al electrón, pero *en sentido contrario*, lo que hace que la pareja dé una “suma cero”. Por ello, el *spin* total del núcleo permanece invariable.

Esta “partícula” se originaría en la misma desintegración *Beta*. No debe tener carga. Si bien su energía debe ser cuántica, al ser emitida debe distribuirse entre el neutrino y el electrón, y por ello no se nota.

Pero de ser así, se trataría de una “partícula” *sui generis*. En realidad, no sería una partícula en un sentido estricto: tiene masa nula y no tiene carga, sólo energía y *spin*. Se parecería al neutrón por su

ausencia de carga. Pero a diferencia de éste, al carecer de masa, no interacciona con las otras “partículas” nucleares (a la manera clásica: choque y dispersión), sino en el proceso de transformación de unas partículas en otras.

Su existencia entonces se revelaría sólo en la medida de la función *ad hoc* que cumple en el proceso de transformación del neutrón. Esto explicaría el carácter profundamente inestable del neutrón.

Fue así que se pudo establecer que un neutrón libre —es decir fuera del núcleo— al cabo de un tiempo (15 minutos) se transforma en protón, y al ocurrir esto, emite ¡un electrón y un neutrino! Esto significa que la emisión de la llamada “partícula” *Beta* no sería más que la transición del núcleo de un estado inestable a otro más estable.

En realidad, seguimos llamando casi por inercia conceptual “partícula” a diversos estados o grados de estabilidad atómica. El mundo de las entidades atómicas elementales y duras, discretas y constantes, se ha disuelto en la dinámica de transformaciones sucesivas de procesos o meros grados de estabilidad relativos¹⁸⁷.

Disolución de las “partículas elementales” y del “vacío”

En los años treinta, en el núcleo fueron descubiertos el neutrón y el protón, luego los mesones-pi y los mesones-mu, y finalmente el neutrino. Hoy se conocen más de cien partículas con características diversas¹⁸⁸.

187 “Quiero decir con esto que la partícula ya no es un individuo, que no se la puede identificar, que carece de ‘identidad’. El hecho es conocido por todos los físicos, pero rara vez se le pone en relieve, y menos en obras no dedicadas a los especialistas. En el lenguaje técnico se le expresa diciendo que las partículas ‘obedecen’ a una estadística de nuevo cuño, sea la de Einstein-Bose o la de Fermi-Dirac. La conclusión, lejos de ser obvia, es que el inocente epíteto ‘este’, no resulta muy aplicable, digamos, a un electrón, más que con precaución, en un sentido limitado, y a veces ni aún así”. Schrödinger, E.; “¿Qué es una partícula elemental?” (1952), en *¿Qué es una ley de la naturaleza?* México, 1975, FCE, pp. 164-165.

188 G.W. Chew, M. Gell-Mann y A.H. Rosenfeld; “Partículas con interacción fuerte” *Scientific American*, 1964, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 13. “Cinco

Pero del conocimiento masivo de nuevas partículas materiales surgió una *contradicción importante*. Esto acaeció cuando se trató de calcular los niveles totales de energía del electrón mediante la ecuación de Schrödinger, sumándole su *spin* –es decir, el movimiento propio del electrón– a su movimiento orbital.

Debido a las altas velocidades que tiene el electrón en el átomo –billones de vueltas por segundo según la teoría de Bohr– éste tenía que ser estudiado de acuerdo a los principios de la Teoría de la Relatividad. Cuando se pretendió dar una respuesta sobre la base de una interpretación mecánica clásica del *spin* (rotación) del electrón, aparecieron movimientos con velocidades que se incrementaban por encima de la velocidad de la luz (c), lo que contradecía el principio fundamental de la Electrodinámica clásica.

En 1928, el físico inglés Paul Dirac construyó una solución matemática a este problema, con una ecuación que describe el movimiento de un *electrón libre* mediante cuatro funciones de onda.

Un par de funciones “respondían a los dos sentidos opuestos del *spin* del electrón con respecto a la dirección de su movimiento... De la otra pareja de funciones de onda, una respondía a la energía total positiva del electrón, y la otra a su energía total negativa”¹⁸⁹.

Ahora bien, en Física se suele decir que la energía total es positiva para la partícula libre y negativa para la partícula ligada con otras (el electrón en el átomo, por ejemplo). Pero recordemos que estamos hablando de “partículas” en un sentido metafórico.

Pues bien, la ecuación de Dirac fue escrita para describir únicamente al electrón libre. Sin embargo, para poder describirlo había que suponerlo libre y ligado al mismo tiempo, lo cual era absurdo si pensamos en una partícula clásica.

Pero la novedad de Dirac está en que supuso que esta dualidad no era una simple coincidencia matemática, sino que poseía algún

años atrás, podíamos confeccionar todavía una lista ordenada de 30 partículas subatómicas... De entonces acá, se han descubierto 60 ó 70 objetos subatómicos más. Es obvio que ya no les cuadra el adjetivo ‘elemental’ a todos ellos” (p. 13).

189 Ridnik, *Leyes...*, op. cit., p. 287.

significado físico; que la necesidad de incluir la energía total negativa en la ecuación que describe un electrón libre reflejaba la existencia de alguna otra “partícula” hasta ahora desconocida poseedora de una carga contraria al electrón, es decir, una carga positiva.

No se podía tratar del protón del núcleo, pues su masa era dos mil veces mayor que la del electrón, y la partícula buscada debía ser igual. ¿Dónde buscar una partícula de tales características?

Pero lo realmente paradójico es que la ecuación describía un electrón absolutamente libre, alejado de las demás partículas, moviéndose en el vacío absoluto y sin límites. ¿De dónde podía salir entonces tal partícula ligada?

Dirac dio la única interpretación posible pero explosiva: del vacío. En consecuencia, el vacío no estaba vacío, sino lleno de “*electrones positivos*” que copaban “hasta el límite” los posibles niveles de energía del vacío.

Lo que llamamos vacío simplemente son las *partículas* que se hallan por debajo de la energía positiva ($m_0 \cdot c^2$). Éstas no se pueden detectar hasta que “saltan” fuera del “pozo” mediante una inyección de energía de cierto nivel.

Cuando se escapa un electrón podemos decir de manera metafórica que en el vacío queda un “hueco”, o técnicamente, que el vacío se “ioniza”, lo que quiere decir que adquiere una *carga positiva* de igual magnitud a la carga del electrón que lo abandonó.

Pero este “hueco” es totalmente distinto del vacío clásico; por ello lo denominamos hasta cierto punto como “partícula” entre comillas. Clásicamente se definía el vacío como ausencia de interacción, pero este “hueco” sí interacciona con el electrón, por su carga opuesta. Por tanto es una entidad tan real como el electrón. Este es el *positrón*.

Pero tampoco estamos ante una “partícula” clásica, es decir ante una entidad cuya sustancialidad viene definida por su masa positiva invariante. Por tal razón algunos la denominan “antipartícula” e inclusive “antimateria”, aunque este último término no es metafísicamente muy riguroso, en la medida que podría sugerir la existencia de dos sustancias, cosa que no es el caso.

El electrón y el positrón nacen, por parejas, del vacío, y el electrón puede también retornar al vacío y volver a hacerse inobservable.

En 1932 se confirmó experimentalmente la existencia interactiva de estos “huecos” de Dirac, denominados positrones, y se abrió el camino para investigar una larga serie de micropartículas, conocidas como “antipartículas”. En efecto, si el electrón tiene su antipartícula, ¿por qué no el protón, y en general toda partícula, su antipartícula?

La rígida independencia que existían entre la *materia* y el *vacío* en la Física moderna, ya había comenzado a romperse categorialmente con la Teoría de la Relatividad. Ahora en la Física cuántica el vacío y la materia —las partículas y las antipartículas— están en constante *interacción e interpenetración*, es decir en transición de uno a otro estado. No se trataba de dos entidades, sino de dos estados de la misma substancia.

Los físicos pudieron ver de cerca las transformaciones del campo en materia y de la materia en campo, en la medida en que el vacío es ahora conformado por energía inferior a $m_0 \cdot c^2$. Pero, también pudieron ver el porqué del fracaso de Einstein en reducir el concepto de materia al concepto de campo. Se trata de procesos, momentos, estados (y no de substancias irreductibles) del mundo material que se transforman el uno en el otro.

Cuando el electrón y el positrón se “sumergen en el vacío”, el electrón no simplemente cede parte de su energía, sino que cede su “energía propia”; deja de ser electrón, lo mismo que el positrón deja de ser positrón, en tanto pierde su esencia misma de partícula, es decir, la masa de reposo superior a m_0^{190} .

Hablar, pues, de materia y vacío (electrones en el vacío, por ejemplo) es una metáfora, no sólo porque hablar del mismo “vacío” lo es, sino porque en realidad lo que hay son *transformaciones* de “partículas” materiales en cuantos de campo y viceversa. Ni la materia ni el campo existen en sí mismos como dos substancias cartesianas irreductibles.

190 “Porque ceder la energía $E_0 = m_0 \cdot c^2$, que está indisolublemente ligada con la masa en reposo m_0 es tanto como perder la masa en reposo, o sea *perder la esencia misma de la partícula*. Las partículas materiales se diferencian de los cuantos de campo electromagnético —fotones— precisamente en que pueden estar en reposo y al mismo tiempo tener una masa distinta de cero.” *Ibid.*, p. 304.

Esto significa que tienen una existencia relativa. Existen sólo en la medida en que interaccionan uno con otro. La Física clásica podía hablar del vacío en la medida en que suponía también la existencia de “objetos” físicos (partículas) que existían sin interaccionar, “en sí mismos”, en movimiento inercial uniforme y rectilíneo. El campo existe entre los cuerpos y también dentro de ellos. No existen cuerpos sin campo ni campos sin cuerpos. Son dos caras de la misma moneda¹⁹¹.

En realidad, cuando estamos hablando de las llamadas “partículas elementales” subatómicas, seguimos metafóricamente presos de la noción atomista. Estas entidades no son ni “partículas” (corpúsculos de masa positiva invariante) ni “elementales” (entidades simples sin estructura interna). Se trata de “estados excitados” o “estados cuánticos más altos del nucleón” (ya que tienen una vida muy corta) a los que se denomina *bariones*¹⁹² (doblete de protón y neutrón).

Se podría decir que las llamadas partículas elementales se refieren a los “estados básicos” o “estados fundamentales”, pero éstos no son los únicos posibles. Las transiciones de un estado a otro se dan por emisión o absorción de *mesones* (de la misma manera que el intercambio electrónico se realiza por emisión o absorción de fotones)¹⁹³.

Pero el “mesón” tampoco es una entidad simple sino un estado complejo de diversas clases (masas diferentes, cargas diferentes, incluso algunos carecen de carga). Hay pues todo un espectro de estados mesónicos (piones, kaones, etc.) que impide caracterizarlos como entidades simples¹⁹⁴.

Finalmente, ni el mismísimo *quark* es una partícula elemental o simple. Rigurosamente hablando, en la medida que nadie ha logrado construir pruebas de su observabilidad, éste es hasta hoy un modelo para describir —con bastante acierto en muchos aspectos— propiedades de estados cuánticos y de transiciones entre ellos¹⁹⁵.

191 “El campo —ilimitado e imponderable— puede adquirir dimensiones y masa. La materia —que pesa y es visible— puede perder las dimensiones y la masa.”. *Ibid.*, p. 307.

192 V.F. Weisskopf; Las tres espectroscopias, reproducido en *Partículas elementales...*, *op. cit.*, p. 42.

193 *Ibid.*, p. 43.

194 *Loc. cit.*

195 *Ibid.*, pp. 45-47.

Lo único real y absoluto que existe es *un proceso en el tiempo*, de manifestaciones cuantitativas y cualitativas. La Física clásica era incapaz de comprender este proceso pues definía las partículas materiales sólo en función de su masa positiva e invariante de reposo, y los cuantos del campo electromagnético sólo en función de su movimiento a la velocidad de la luz.

Pero esta "diferencia" se relativiza en el caso del intercambio mesónico (con mesones-pi), pues los mesones, que representaban el papel de cuantos del campo de fuerza nuclear, ¡tenían masa de reposo! Por otro lado, las "partículas" de neutrinos carecen de masa de reposo y se mueven a la velocidad de la luz.

Para la Física cuántica, la diferencia entre la naturaleza de las partículas y de los cuantos se da en los valores de sus espines¹⁹⁶. Es el valor del *spin* el que determina el comportamiento de la estructura atómica del mundo material. Es decir, el *movimiento propio* del microfenómeno. Para las partículas, el valor de su *spin* será semi-entero, y se regirán por el principio de Pauli. Los cuantos deben tener spin entero y no se rigen por el principio de Pauli.

Tal clasificación permitió construir la estructura de las *interacciones de las partículas elementales*¹⁹⁷. Interacciones que nada tienen que ver con las interacciones puramente cuantitativas entre entidades sólidas e invariables de la Mecánica clásica, sino con una manera totalmente nueva de clasificar las entidades físicas a las que damos existencia¹⁹⁸.

Cuando el protón y el neutrón intercambian mesones-pi, *este intercambio va acompañado de transformaciones cualitativas*; no se trata de un intercambio mecánico. Luego del intercambio, el protón y el neutrón *no* vuelven a su situación inicial, sino que su resultado es una suerte de "enlace".

El intercambio de mesones-pi entre el neutrón y el protón, es decir, la transferencia de energía del uno al otro y viceversa no es pro-

196 G.W. Chew, M. Gell-Mann y A.H. Rosenfeld; "Partículas con interacción fuerte...", reproducido en *Partículas elementales...*, *op. cit.*, pp. 15-29.

197 "... las cuatro fuerzas que parecen subyacer en todos los fenómenos del universo". *Ibid.*, p. 14.

198 "Nueva nomenclatura que reparte las partículas con interacción fuerte entre dos grupos de familias... bariones... y... mesones." *Loc. cit.*

ducto de una energía inducida “desde fuera”, y que una partícula transmite a otra puntualmente como dos bolas de billar (por choque y dispersión).

Es como si la partícula sacara energía de sí misma y ésta se extendiera en toda una región del espacio, dadas las características ondulatorias del electrón. Debido precisamente a estas características ondulatorias, tanto la energía como la masa de reposo —que en la Mecánica clásica eran invariantes— adquieren ahora gran *indeterminación*.

Procesos virtuales: Problemas de su interpretación física

Esta indeterminación de la masa y la energía de los fenómenos nucleares fue descrita como “*procesos virtuales*” o “*partículas virtuales*”¹⁹⁹.

Los procesos virtuales sirven para describir las interacciones nucleares y también los enlaces cuánticos del campo electromagnético. Un electrón libre puede emitir un fotón, extrayéndolo de su propia energía de reposo.

Ahora bien, la emisión o captura de sus propios fotones por un electrón no es un proceso “inútil”. La absorción de un fotón “extraño” por cada uno de los electrones tiene una consecuencia evidente: entre los electrones (emisor y receptor) se produce una interacción, se repelen entre sí.

¿Hasta qué distancia se extienden los límites de la interacción electromagnética? Carece de límites, puede ser cualquiera.

Cuando la Física cuántica en sus comienzos no había introducido plenamente el concepto de “procesos virtuales”, ciertos científicos y pensadores de orientación positivista negaron su validez. Adujeron que se trataba de “inobservables en principio” y, por tanto, nociones o enteiquias metafísicas, en tanto que las teorías científicas sólo se basan en conceptos “observables”.

199 H.W. Kendall y W.K.H. Panofsky; “Estructura del protón y del neutrón”, *Scientific American*, junio de 1971, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., pp. 57-58.

Pero el concepto “observable” no tiene un sentido simple a partir de la Electrodinámica cuántica. El electrón resulta “inobservable” en la medida que tratamos de establecer “simultáneamente” su velocidad y posición. Inversamente, el “vacío” se vuelve virtualmente “observable” en la medida en que al “observarlo” le inyectamos tal energía que el positrón se hace real y completamente permisible para la misma Física clásica²⁰⁰.

En 1975, el físico de Stanford, Sidney D. Drell, se hacía la siguiente pregunta: “¿Qué ocurre cuando un electrón y un positrón se encuentran y aniquilan mutuamente...?... un fotón (o rayo Gamma) muy energético. El fotón emitido no es, sin embargo, el fotón real de los que se observan en la naturaleza como cuantos de energía electromagnética... puesto que tiene proporciones anormales de energía y momento (...) Se llama fotón virtual, y su característica más importante es que no puede observarse... porque se desintegra antes de su detección. Según el principio de indeterminación formulado por Heisenberg, la vida media de una partícula virtual es, por necesidad, demasiado breve para que la partícula pueda ser observada... el fotón virtual se materializa en menos de 10^{-25} segundos...”²⁰¹.

Los procesos virtuales no son simplemente producto de la imaginación del físico. Se pueden describir, por ejemplo, como interacciones entre el electrón y el “vacío”. Esto es así porque el “vacío”, después de

200 “El vacío suele definirse como un estado de ausencia; se dice que en una región del espacio existe el vacío si no hay nada en ella. En las teorías cuánticas de campos que describen la física de las partículas elementales, el vacío se convierte en algo más complicado. En el propio espacio vacío puede aparecer espontáneamente la materia como resultado de fluctuaciones del vacío. Por ejemplo, un electrón y un positrón o antielectrón, pueden crearse del vacío. Las partículas creadas de esta manera tienen sólo una existencia efímera: se aniquilan casi en cuanto aparecen, y su presencia nunca puede detectarse directamente. Se les llama partículas virtuales a fin de distinguirlas de las partículas reales, cuya vida media no está restringida de la misma manera y pueden detectarse. Por consiguiente, cabe definir el vacío como un espacio que carece de partículas reales”. Fulcher, Rafelsky y Klein; “Desintegración del vacío”, en *Investigación y ciencia*. (ed. en esp. de *Scientific American*), N° 41, febrero de 1980, p. 84.

201 Sidney D. Drell; “Aniquilación electrón-positrón y nuevas partículas”, en *Scientific American*, junio de 1975, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 92.

Dirac, ya no es eléctricamente neutro²⁰²; ahora tiene cargas positivas que interactúan con los electrones. Y si esto es verdad, también debe serlo la inversa: las cargas positivas del “vacío” estarán más próximas al electrón y las negativas más apartadas, produciéndose lo que los físicos llaman “polarización del vacío”. En esta interacción del electrón con el “vacío” *lo virtual se muestra entonces como real*²⁰³.

A partir de la década de 1950, la introducción de los procesos virtuales en la Física cuántica condujo al descubrimiento masivo de “nuevas partículas”, especialmente por el uso de los aceleradores de partículas.

El estudio de las llamadas “partículas fundamentales”, su clasificación y descripción —desde este punto de vista— es más o menos inseparable de sus interacciones mutuas, es decir, de las múltiples interconexiones que nos dan una visión unificada del mundo material. Las “partículas fundamentales” deben ser entendidas no como sustancias individuales, simples e irreducibles, sino como procesos de interacciones o “familias”.

La forma más “elemental” de comprender estas interconexiones mutuas permite caracterizarlas en dos grupos básicos: partículas y anti-partículas, diferenciadas por el signo opuesto de sus cargas o de sus movimientos magnéticos²⁰⁴.

202 “La presencia de partículas virtuales complica mucho la estructura del universo. Debido a ellas, el vacío no es un mero espacio sin nada. Un fotón virtual puede aparecer espontáneamente en cualquier instante y desaparecer de nuevo en el tiempo permitido por el principio de indeterminación. De igual forma, puede crearse otras partículas virtuales...”. Howard Georgi; “Teoría de las partículas elementales y las fuerzas”, en *Scientific American*, junio de 1981; reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 235.

203 “Hay condiciones en que la introducción de una partícula real y con masa en una región vacía del espacio, puede reducir la energía total. Si... es suficientemente grande, se crearán un electrón y un positrón. Bajo estas condiciones, el electrón y el positrón no son fluctuaciones del vacío sino partículas reales que existen indefinidamente y son detectables... La condición esencial para esta desintegración del vacío es la presencia de un campo eléctrico intenso”. Fulcher, Rafelsky y Klein; “Desintegración del vacío”, en *Investigación y ciencia* (edición en español de *Scientific American*), N° 41, febrero de 1980, pp. 84-92.

204 Frank Wilczek; “Asimetría cósmica entre materia y antimateria”, en *Scientific American*, febrero de 1981, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., pp. 261-270.

“La inmensa mayoría de las llamadas ‘partículas’ son inestables, incluso la mayoría de partículas se desintegran en cuanto aparecen, y algunas viven tan sólo un intervalo imperceptible. Así, la vida media de las partículas ‘de resonancia’ o ‘resonancias’ es de 10^{-23} s”²⁰⁵.

Precisamente esta cantidad (10^{-23} s) es el tiempo que dura el intercambio mesónico en los núcleos. A todo el conjunto de interacciones de estos valores se les denomina *Interacciones Fuertes* (IF), y a las “partículas” o cuantos que se definen a partir de dicha interacción se les llama *hadrones*. Éstas constituyen el primer grupo o “familias” de “partículas elementales”.

Un segundo grupo está definido por las *Interacciones Electromagnéticas* (IE), cuyas “partículas” son los *photones*. Un tercer grupo lo está por las *Interacciones Débiles* (ID) o de “disgregación”, cuyo cuanto o “partícula” aún se desconoce. Las interacciones débiles son responsables, entre otros fenómenos, de la desintegración *Beta* de ciertos núcleos radioactivos. Su radio de acción es corto (nuclear) y no es capaz de construir estados ligados. Finalmente, el cuarto grupo lo definen las *Interacciones Gravitatorias* (IG), cuya gran debilidad hasta ahora no ha permitido describir sus cuantos o “partículas” denominados gravitones.

Muchos físicos sospechan que existe una relación profunda por lo menos entre tres de las cuatro fuerzas fundamentales. Esto es, que por lo menos las interacciones fuerte, débil y electromagnética “constituyen aspectos de una misma interacción” y que “tal vez nos hallamos hoy ante las puertas de una unificación en el campo de la física de las partículas elementales”²⁰⁶, similar a la ocurrida hacia fines del siglo XIX con James Clerk Maxwell en el campo de la electrodinámica clásica.

A diferencia del método mecánico clásico, son ahora las interacciones las que definen las partículas y no a la inversa como hasta entonces se venía haciendo. Las leyes de la Física cuántica son leyes

205 Ridnik; *Leyes del mundo...*, op. cit., p. 331.

206 D.B. Cline, A.K. Mann y C. Rubbia; “Detección de las corrientes débiles neutras”, en *Scientific American*, diciembre de 1974, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 75.

que describen fundamentalmente simetrías (de *procesos, transiciones y transformaciones*) sucesivas en el tiempo y no interacciones repetitivas entre corpúsculos rígidos e invariantes.

Así, por ejemplo, en las leyes de *conservación de la carga bariónica* se describe cómo sucede cuando un neutrón se desintegra en un protón, un electrón y un anti-neutrino. O en la ley de conservación de la carga leptónica, se describe la transición que se opera cuando un electrón se transforma en cuanto *Gamma*.

El que estas leyes describan procesos y no entidades estáticas significa un cambio de la misma intuitividad que suponían las representaciones invariantes de la Física newtoniana. Ésta podía mostrar una gran verosimilitud en sus conceptos, no porque fuera “más real”, “más concreta” o “más rigurosa”, sino precisamente por lo contrario: porque asumía artificialmente la hipótesis metafísica sumamente sencilla de la existencia “natural” de sustancias individuales aisladas, independientes de sus interacciones.

Desde el nuevo punto de vista de la Física cuántica esto es un absurdo. La materia sin campo es como imaginar una medalla sin reverso, por la sencilla razón de que no existen realmente partículas sin interacciones, ni siquiera como posibilidad virtual. Es como suponer la existencia de un cuerpo en ningún lugar.

Un electrón, por ejemplo, se podía caracterizar desde un punto de vista clásico como una partícula real, en la medida en que posee *masa, carga, spin*, y que además era *estable*. Sin embargo, un *muón*, que aparece en las interacciones débiles, tiene también *masa, carga y spin*, pero... *apenas vive unas millonésimas de segundo*, pero sería absurdo no considerarlo una entidad real²⁰⁷.

Una vez aceptado el *muón*, la lógica del proceso condujo a tener que aceptar las llamadas “*resonancias*” que los aparatos sólo describían como crestas que se formaban en la dispersión de los mesones. Resulta que poseían *masa, carga y spin* (como cualquier partícula), pero tenían una “vida” billones de veces menor que cualquiera de las partículas conocidas, y desaparecían sin dejar rastro visible. Es decir,

207 “Cabe, por supuesto, que sea incorrecta la descripción de la fuerza débil como transportada, de un punto a otro, por medio de una partícula.” *Ibid.*, p. 77.

un promedio de vida superior a los 10^{-18} segundos, y inferior a los 10^{-13} segundos²⁰⁸.

Esto llevó definitivamente a cambiar los términos de la definición y clasificación de las “partículas”. Significó, sobre todo, abandonar toda idea de la partícula como una entidad “atemporal” para entenderla en términos de “duración” y de interacción, como “estados excitados de un sistema dado”.

El concepto clásico de “partícula” como una entidad simple y absolutamente aislable de sus interacciones con el resto del mundo material, también significó la introducción de la idea del carácter finito de la sustancia material.

Hasta mediados del siglo XIX el átomo era visto como la “sustancia última”, la más pequeña posible de existencia de la materia, el “límite de su divisibilidad”. Con los descubrimientos de las partículas subatómicas y de la complejidad del átomo, el “límite” de la divisibilidad pasó al núcleo atómico, pero poco tiempo después éste fue dividido.

Finalmente, se pensó que el límite lo constituían las llamadas “partículas elementales”, como su propio nombre lo indica. Llegados a este punto, sin embargo, el propio desarrollo de la Física comenzó a revelar que la imagen atomista de las “partículas elementales”, compuesta por ladrillitos cada vez más pequeños, conducía no sólo a una multiplicación *ad infinitum* de nuevas partículas²⁰⁹ sino también a paradojas insalvables.

La multiplicación de “partículas elementales” (hadrones) fue el resultado de un proceso de clasificación a partir de familias (multipletes) establecidas por las cuatro interacciones básicas entre los años cincuenta y sesenta²¹⁰.

208 Cf. David B. Cline, Alfred K. Mann y Carlo Rubbia; “La búsqueda de nuevas familias de partículas elementales”, en *Scientific American*, octubre de 1976, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., pp. 120 y 121.

209 “Un tropel de partículas supuestamente elementales descubiertas en los últimos veinticinco años”. Sidney D. Drell; “Aniquilación electrón-positrón...”, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 87.

210 Sheldon Lee Glashow; “Quarks con color y sabor”, en *Scientific American*, octubre de 1975, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 101.

“A pesar de la asombrosa proliferación de partículas y de números cuánticos, hay

Precisamente “fue intentando explicar esta gran proliferación de partículas, como Murray Gell-mann y George Zweig, ambos del Instituto de Tecnología de California, introdujeron, independiente y simultáneamente en 1963, la hipótesis de los quarks. El modelo de quarks postula que las partículas inestables son estados excitados de las partículas estables (hadrones). Estos pueden ser de dos tipos: bariones o mesones. Se supone que los bariones constan de tres quarks ligados; los mesones de un quark y un antiquark”²¹¹.

Los leptones, la otra familia de partículas elementales (la que responde a las interacciones débiles) constituyen una clase de partícula más restringida. Sólo hay cuatro: el electrón y su neutrino y el muón y su neutrino (con sus cuatro antipartículas)²¹². No están compuestos de quarks o partones, sino que, por lo que se ve, hay que atribuirles una “estructura puntual”²¹³.

Y es precisamente esta “estructura puntual” que, en cierto modo, supone el modelo de quarks, la fuente de una nueva paradoja en la interpretación física. En efecto, los quarks —así como las partículas que conforman— tienen asignados números cuánticos, poseen un *spin* de valor $1/2$ y un número bariónico $1/3$, es decir, de valor semientero, pero se comportan como partículas de *spin* entero: violan el principio de exclusión de Pauli, principio sobre el cual se funda nuestro conocimiento de la estructura atómica y de la misma tabla periódica de elementos²¹⁴.

esperanzas de que el modelo de la naturaleza resultante de estas investigaciones sea sencillo y atractivo.” Ver también Cline, Mann y Rubbia, “La búsqueda de...”, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 124. Ver también pp. 113, 114, 119, 123.

211 Sidney D. Drell; “Aniquilación...”, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 87. Ver también Yoichiro Nambu; “El confinamiento de los quarks”, en *Scientific American*, enero de 1977, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., pp. 126-127.

212 En mayo de 1978 los físicos Perl y Kirk anunciaron haber “encontrado pruebas de la existencia de una quinta clase de leptones... mucho más pesada que la de los otros leptones ya conocidos”. A ésta y a su antipartícula la llamaron *Tau* y *Antitau*. Cf. Martin L. Perl y William T. Kirk; “Leptones pesados”, en *Scientific American*, mayo de 1978, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 169.

213 Sidney D. Drell; “Aniquilación...”; reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 88. Se considera que los partones son equivalentes a los quarks.

214 *Ibid.*, pp. 96-97. Ver también Sheldon Lee Glashow; “Quarks con color...” reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 105 y Yoichiro Nambu; “El confinamiento de...”, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 129.

Para resolver estas paradojas han sido construidas hasta dos teorías nuevas que atribuyen propiedades *ad hoc* a los quarks, denominadas “color” y “charm” (encanto). No obstante, hasta hoy ninguna de las dos “ofrece una explicación enteramente satisfactoria” de la paradoja y, por otro lado, implican un aumento significativo del número y complejidad de los quarks. Casi se triplican por la hipótesis del color²¹⁵.

Lo verdaderamente significativo además —desde un punto de vista experimental— es que hasta el momento han fracasado todos los intentos por establecer alguna “prueba observacional” sobre la existencia de los quarks. Nuevamente, más que “empírico” el problema parece ser de naturaleza categorial. Es probable que éste resida en la imposibilidad de aislarlos, de tratarlos como cualquier partícula o entidad simple, como teóricamente se ha venido suponiendo que son²¹⁶, y con ello, se problematiza la hipótesis cartesiana de que toda entidad es susceptible de ser conceptualmente aislada de manera “clara y distinta”.

Problemas del formalismo cuántico

Para resolver dicho problema se ha sugerido una teoría matemática Gauge no-abeliana a partir de la cual se ha elaborado un modelo en el que los quarks se presentarían ligados por el intercambio de gluones, lo que explicaría por qué no son aislables como si fueran partículas puntuales, es decir, elementales²¹⁷.

También se ha elaborado un modelo llamado de “esclavitud infrarroja” y uno llamado “modelo de la cuerda”, ambos con el mismo objetivo. A su vez, para explicar el paradójico confinamiento de

215 Sidney Drell; “Aniquilación...”, reproducido en *Partículas elementales...*, *op. cit.*, pp- 96-97. Ver también Sheldon Lee Glashow; “Quarks con color...”; reproducido en *Partículas elementales...*, *op. cit.*, pp. 105, 107 y 109; y Claudio Rebbi; “Teoría reticular del ...”, *op. cit.*, p. 158.

216 Cf. Yoichiro Nambu; “El confinamiento...”, reproducido en *Partículas elementales...*, *Ibid.*, p. 125. Ver también Claudio Rebbi; *Ibid.*, p. 159.

217 Yoichiro Nambu, *Ibid.*, p. 132-138. Ver también Claudio Rebbi; *Ibid.*, p. 160.

los quarks que suponen estos modelos (ligados y libres al mismo tiempo) se ha elaborado la hipótesis del “campo cromoelectrico”.

En los procesos de transformación de unas partículas en otras se revelaron también resultados paradójicos: cuando el mesón-pi de gran energía chocaba con un protón, en el choque se desintegraban y surgían en su lugar un mesón- k y un hiperón-lambda. ¿Eran estas partículas “fragmentos” menores del protón? No, pues el hiperón-lambda tiene más masa que el protón. Peor aún, cuando el hiperón lambda se desintegra genera un protón, igual sucedía con el mesón- k .

En otras palabras, así como en la teoría de la relatividad carecía de sentido la extensión indefinida del teorema de la suma de velocidades, igualmente en la Física cuántica relativista carece de sentido la imagen de división por masas cada vez más pequeñas de las partículas elementales, como sugiere la tesis atomista.

En la Física cuántica relativista deja de regir el teorema de división indefinida de masas, lo mismo que en la teoría de la relatividad generalizada deja de regir el teorema de adición indefinida de velocidades. Hay fuertes razones para ello.

En primer lugar, porque ya no es posible asignarle a una partícula una dimensión fija de su masa; por la ecuación de Hamilton ($E_{\text{cn}} = m \cdot v^2/2$) la masa tiene incluso probabilidad negativa.

En segundo lugar, en la relación de indeterminación de Heisenberg, la masa de la partícula sólo se considera constante cuando su velocidad dista mucho de la velocidad de la luz. Cuando éste no es el caso, desaparecen los “límites precisos” (por grado de indeterminación) de las partículas a que estamos acostumbrados y carece de sentido decir que el electrón es más grande que el protón (u otra partícula), o viceversa, pues sus propiedades ondulatorias pueden extenderse a cualquier partícula por toda una región del espacio.

En tercer lugar, si la masa no es constante, ninguna partícula es “elemental” (en el sentido intuitivo del término), salvo por convención. Se trata de estructuras móviles e inestables.

En cuarto lugar, la graduación de las partículas exclusivamente por su masa carece de sentido físico. Esto es así porque no existen partículas independientemente de sus mutuas interacciones, lo cual era el supuesto metafísico básico de la Mecánica newtoniana.

Ahora las representaciones matemáticas en la Física deben describir, mediante operadores complejos, procesos de intercambio y transición de cuantos de campo en materia y viceversa. En conclusión, podríamos suscribir las siguientes palabras del físico Claudio Rebbi, que en gran medida muestran cómo la Física cuántica ha acabado con la ontología atomista o corpuscular heredada de la Mecánica moderna:

El desarrollo de la mecánica cuántica ha acabado con la ciega aceptación de la idea según la cual las partículas elementales son los 'bloques constituyentes' de la materia. A menudo, tales partículas no actúan en absoluto como bloques compactos, impenetrables; en muchos casos, deben entenderse como ondas... por lo menos en el sentido de que cada partícula podía, en principio, ser aislada y observada en sí misma²¹⁸.

Pero llegados a este punto, la Física cuántica no se ha encontrado simplemente con el rutinario expediente de continuar formulando nuevas hipótesis y modelos tentativos para describir de una manera empírica cada nuevo fenómeno del mundo microfísico.

En la década de 1970 se comenzó a explorar un nuevo método para resolver no sólo el paradójico confinamiento de los quarks surgido de la cromodinámica cuántica, sino también para abordar y unificar problemas análogos que ocurren en las más diversas escalas de longitud del mundo físico.

Se trataba en realidad no de una invención sino de una reformulación del método matemático llamado "grupo de renormalización", que fuera "inventado en los años cuarenta como parte del desarrollo de la electrodinámica cuántica, la teoría moderna de las interacciones entre las partículas cargadas eléctricamente y el campo electromagnético"²¹⁹.

218 Claudio Rebbi; *Ibid.*, p. 156. Ver también Gerard Hooft; "Teorías Gauge de las fuerzas entre partículas elementales", en *Scientific American*, agosto de 1980, reproducido en *Partículas elementales...*, *op. cit.*, pp. 192, 194 y 195.

219 Kenneth G. Wilson; "Problemas físicos con muchas escalas de longitud", en *Scientific American*, octubre de 1979, reproducido en *Partículas elementales...*, *op. cit.*, p. 227.

La novedad consiste en el significado que ahora adquiere dicho método. “El grupo de renormalización no es una teoría descriptiva de la naturaleza, sino un método general de construir teorías”²²⁰. Dicho método sugiere vincular en una sola visión teórica la descripción de fenómenos tan disímiles como, por ejemplo, un fluido en un punto crítico, un ferromagneto en la temperatura de imanación espontánea, una aleación metálica a la temperatura en que sus átomos se distribuyen ordenadamente, y fenómenos como la superconductividad, la superfluidez, la formación de polímeros y el enlace de quarks. En otras palabras, nos estimula a percibir unificadamente el mundo como fluctuaciones de una estructura elástica o fluida básica.

Por ejemplo, “un ferromagneto real tiene una estructura atómica compleja, pero todas las propiedades esenciales del conjunto de sus espines pueden representarse por un modelo bastante sencillo... que no incluya átomos ni otras partículas materiales, sino que consiste sólo en vectores de spin ordenados en una red”²²¹ establecidos a partir de lo que se considera un “punto crítico” de fluidez.

El significado revolucionario que sugiere este cambio de óptica va más allá de la elaboración de un mero formalismo *ad hoc* para describir fenómenos específicos. En realidad, las similitudes y analogías establecidas entre todos estos fenómenos no son sino ejemplos de una hipótesis más general llamada *universalidad del punto crítico*.

Esta hipótesis establece que los diversos sistemas físicos se comportan de la misma manera conforme se acercan a sus respectivos puntos críticos.

Según esta hipótesis, sólo dos cantidades determinan el comportamiento crítico de la mayoría de sistemas: la dimensionalidad del espacio y la dimensionalidad del parámetro de orden (d y n). Se cree que todos los sistemas que tienen los mismos valores de d y n poseen la misma superficie en el espacio de los parámetros y los mismos exponentes críticos, y se dice que son miembros de la misma clase de universalidad²²².

220 *Ibid.*, p. 211.

221 *Ibid.*, p. 212.

222 *Ibid.*, p. 225.

La versión actual del grupo de renormalización introducida por el físico norteamericano Kenneth G. Wilson en 1971, abarca no sólo un amplio espectro de fenómenos físicos, sino lo que es igualmente importante, “da un significado físico al método de la renormalización, que de otra manera parece puramente formal”²²³, y con ello al cambio de compromiso ontológico que cada vez separa más a la Física contemporánea de la imagen del mundo que nos proporcionara la Física moderna atomista.

Este nuevo enfoque habría inspirado a comienzos de los ochenta una nueva teoría unificada llamada de *simetría cúbica*, cuya ventaja de orden lógico parece ser su mayor simplicidad frente a las anteriores²²⁴. Dicha teoría reduce los leptones y quarks a una sola familia, y las fuerzas débiles, fuertes y electromagnéticas a una única fuerza fundamental. En ella, partículas y fuerzas no son más que algo así como estados de temperaturas y, consecuentemente, producto de variaciones en la energía de las partículas. Son apenas una imagen fija de la evolución histórica de la materia.

La energía a partir de la cual se establece la identidad básica de todos los entes físicos es de 10^{15} GeV (Gigaelectronvolt o energía que adquiere un electrón al ser acelerado por una diferencia de potencial de 1,000 millones de voltios)²²⁵. Dicha teoría no sólo amplía el espectro predictivo sino también explicativo en relación a fenómenos no deducibles de teorías anteriores, como, por ejemplo, la existencia de más materia que antimateria en el universo, la desintegración del protón y la consecuente inestabilidad evolutiva de la materia, en contra de la imagen simétrica y equilibrada que proporcionaba el mecanicismo atomista moderno.

Esta teoría unificada general no niega lo anterior, sino que vendría a ser como una superestructura de otras simetrías menores en

223 *Ibid.*, p. 227.

224 Georgi Howard; “Teoría unificada de las partículas elementales y las fuerzas”, en *Scientific American*, junio de 1981, reproducido en *Partículas elementales...*, *op. cit.*, p. 230.

225 *Ibid.*, pp. 232 y 247.

una simetría mayor, mediante el formalismo denominado $SU(5)$, donde cinco estados básicos de la materia y veinticuatro interacciones básicas son suficientes para explicar todas las interacciones de la naturaleza observadas hasta hoy²²⁶.

La predicción de la desintegración del protón es de hecho la refutación más contundente de Demócrito, es decir, del postulado fundamental del atomismo de que los átomos, o alguna suerte de partícula elemental, constituyen entidades permanentes, inmutables y ahistóricas. En realidad, este proceso comenzó a fines del siglo XIX (1896) con el descubrimiento de la radioactividad por Antoine Henri Becquerel. Hoy sabemos que toda la materia es en alguna medida radioactiva²²⁷.

226 *Ibid.*, p. 243.

227 Steven Weinberg; "La desintegración del protón", en *Scientific American*, agosto de 1981, reproducido en *Partículas elementales...*, *op. cit.*, p. 248.

of the physician's duty to his patient, and the physician's duty to his community. The physician's duty to his patient is to do no harm, to relieve suffering, and to promote the patient's health. The physician's duty to his community is to prevent disease, to promote health, and to relieve suffering. The physician's duty to his patient is to do no harm, to relieve suffering, and to promote the patient's health. The physician's duty to his community is to prevent disease, to promote health, and to relieve suffering.

The physician's duty to his patient is to do no harm, to relieve suffering, and to promote the patient's health. The physician's duty to his community is to prevent disease, to promote health, and to relieve suffering. The physician's duty to his patient is to do no harm, to relieve suffering, and to promote the patient's health. The physician's duty to his community is to prevent disease, to promote health, and to relieve suffering.

The physician's duty to his patient is to do no harm, to relieve suffering, and to promote the patient's health. The physician's duty to his community is to prevent disease, to promote health, and to relieve suffering. The physician's duty to his patient is to do no harm, to relieve suffering, and to promote the patient's health. The physician's duty to his community is to prevent disease, to promote health, and to relieve suffering.

The physician's duty to his patient is to do no harm, to relieve suffering, and to promote the patient's health. The physician's duty to his community is to prevent disease, to promote health, and to relieve suffering. The physician's duty to his patient is to do no harm, to relieve suffering, and to promote the patient's health. The physician's duty to his community is to prevent disease, to promote health, and to relieve suffering.

The physician's duty to his patient is to do no harm, to relieve suffering, and to promote the patient's health. The physician's duty to his community is to prevent disease, to promote health, and to relieve suffering. The physician's duty to his patient is to do no harm, to relieve suffering, and to promote the patient's health. The physician's duty to his community is to prevent disease, to promote health, and to relieve suffering.

VII

Atomismo, causalidad y determinismo

UNO DE LOS IMPACTOS MÁS DESCONCERTANTES de la teoría cuántica relativista, reside en el hecho de que su problematización de la ontología atomista conlleva a su vez la problematización de la concepción determinista de la causalidad como base de las leyes científicas, abriendo así nuevas luces sobre los clásicos enigmas filosóficos modernos sugeridos desde la crítica empirista de Hume hasta el presente.

En general, el determinismo se puede entender como una doctrina que sostiene que podríamos tomar como leyes científicas aquellas proposiciones predictivas por cuya forma se afirma que un hecho cualquiera (estado de cosas) se sigue siempre inmediatamente de otro, lo cual presupone la contiguidad espacial y la linealidad temporal que precisamente se pretende probar. Esto es, o se trata de una *petitio principii*, o de una doctrina trivial de la implicación. En cualquier caso, ella presupone alguna hipótesis enigmática (no explícita) sobre la continuidad.

¿Qué significa “contiguidad” de dos hechos o partículas? Simplemente que entre ambos podemos intercalar una serie infinitesimal

de posibles valores de medición intermedios (pensemos en una regla, reloj o termómetro) representables gráficamente como la curva que describe la trayectoria de una partícula, o matemáticamente como una relación funcional continua. De hecho, tal procedimiento fue consagrado por el moderno análisis matemático descubierto por los padres de la Física moderna desde Descartes hasta Newton y Leibniz.

Continuidad local y determinación completa

Para algunos historiadores de la ciencia, la sobreestimación de la hipótesis teóricamente enigmática de la continuidad probablemente se consolidó en el mundo moderno a partir del uso práctico constante del procedimiento de medición, cuyos éxitos frecuentes sugieren permanentemente la posibilidad de la medición o determinación completa de los elementos o propiedades que paradójicamente conforman un objeto finito o discontinuo (atómico o sistémico), vale decir, teóricamente cerrado o aislable.

En cierto modo esta idea estaba ya inicialmente supuesta en el axioma euclideo de la igualdad o equivalencia entre el todo y la suma de sus partes. Esta es precisamente la suposición formal a partir de la cual el determinismo encuentra la posibilidad de interpretar físicamente la hipótesis del continuo que animó a la Mecánica y Electrodinámica clásicas, e incluso en cierta medida a la teoría einsteniana de la gravitación, sintetizada en la popular sentencia: *natura non facit saltum*, o en aquella irónica objeción planteada por Einstein al principio de Indeterminación de Heisenberg: “dios no juega a los dados”.

De la idea de la determinación completa de un sistema físico –al menos teóricamente– deviene a su vez la de predecir con exactitud su comportamiento futuro, pues la temporalidad puede ser representada como una sucesión continua de instantes agregados al estado inicial del sistema, instantes que se extienden tanto como lo requieran las necesidades de precisión en la medición, comprobable en las equivalencias obtenidas en la suma o resta de velocidades al pasar de un sistema de medición a otro. En otras palabras, la acumulación progresi-

va de descripciones cartesianas claras y distintas (completas) debería conducir como un continuo ordenado de componentes a un incremento progresivo del conocimiento cada vez más completo y finalmente absoluto de cualquier sistema del mundo.

Pero al pasar a la Teoría General de la Relatividad, el clásico teorema galileano de la suma de velocidades deja de tener sentido como un agregado continuo e indefinido de instantes espacio-temporales equivalentes. Ahora resulta que existen ciertos puntos-instantes en los que, por ejemplo, la curvatura se hace infinita, volviéndose problemática toda capacidad de predecir por simple adición estados posteriores de un objeto o sistema físico a partir de sus estados iniciales, ya que el espacio-tiempo puede tener una estructura métrica completamente distinta de un estado a otro.

Causalidad sistémica

Pero si bien la teoría generalizada de la relatividad problematizaba un determinismo mecanicista ingenuo —aquel que identifica determinación métrica con predictibilidad—, no cuestionaba en modo alguno toda relación causal entendida en términos de continuidad local. Así, dos estados espacio-temporales relativos pueden tener propiedades métricamente diferentes (incommensurables entre sí) pero poseer la misma estructura causal. Por ejemplo, dos estados espacio-temporales pueden ser topológicamente semejantes, esto es, que sus distorsiones métricas conserven intactas ciertas propiedades espaciales de continuidad local.

De hecho así se dice cuando ocurre la “deformación” de un cuerpo (como cuando estiramos una goma de mascar) sin que se produzca ningún “corte” que separe puntos originariamente “uno al lado del otro”, y a la inversa, que ningún “pegado” una puntos originalmente separados del estado inicial de una figura dada.

Continuidad quiere decir aquí que a pesar de la distorsión métrica se ha mantenido la estructura topológica, o lo que es lo mismo, que no hay una “curva causal cerrada” que rompa la continuidad. Se dice entonces que ambos estados métricamente diferentes son *simé-*

tricos en su *estructura* topológica. Por supuesto, este criterio implica una noción mucho más laxa de causalidad que la clásica noción métrica que sustentaba la doctrina determinista. No obstante, mantiene el supuesto de la relación causal como una relación local o continua dada por su estructura común²²⁸.

Se dice que la causalidad estructural –a diferencia de la clásica causalidad mecánica– es una *causalidad sistémica*, en la medida que no es reductible analíticamente a las interacciones aisladas de sus elementos simples. Aquí la inestabilidad (perturbaciones o deformaciones) de la trayectoria diacrónica de los sistemas, es determinable extensionalmente por la dinámica asimétrica de los sistemas temporales entre el conjunto inicial (distribución inicial de probabilidades) y el conjunto resultante; o, si se quiere, entre su nivel microscópico y el macroscópico.

Aparece la indeterminación

Es en este contexto que la teoría cuántica nos sugiere una radical problematización de nuestro entendimiento científico de la naturaleza. En primer lugar, una noción de “medición” completamente diferente

228 “El conocimiento de las propiedades simétricas de los cuerpos geométricos u otros objetos matemáticos o físicos, nos da a veces la clave para determinar su estructura... aunque el concepto de simetría es completamente intuitivo, para dar una descripción exacta y general de lo que es una simetría y en particular una exposición cuantitativa de sus propiedades, es necesario hacer uso del aparato de la teoría de grupos (...) esto nos lleva a plantear la siguiente cuestión: ¿qué es, en general, una simetría y cómo se puede definir matemáticamente la relación de simetría?... la contestación precisa a esta cuestión está relacionada con el concepto de transformación... Para poder dar una definición general de simetría que abarque casos tan heterogéneos como los de simetría de cuerpos espaciales y simetría de polinomios, es necesario formular el concepto de transformación de forma muy general”. Malsev, A.J.; “Grupos y otros sistemas algebraicos”, en Alexandrov, Kolmogorov, Laurentiev y otros; *La matemática: su contenido, métodos y significado*. Madrid, 1973, A.U.T. 3, Cap. 19, pp. 310-313. Para el caso presente podríamos caracterizar de manera muy general las transformaciones causales simétricas como aquellos casos en los que asociamos uno a uno los elementos de un conjunto ‘A’ con otros elementos del mismo conjunto, diciendo que se opera una transformación (rotación, traslación, etc.) automórfica.

(lógicamente divergente) a la de la dinámica corpuscular de la Mecánica analítica moderna.

El formalismo cuántico describe una variedad de relaciones características de un sistema, resumidas como relaciones recíprocas de incertidumbre, características de un estado cuántico en el famoso principio de Indeterminación de Heisenberg, donde los operadores de su formalismo matemático no son conmutativos (*Principle of Non-commutativity of Observations*). Es decir, donde el producto de dos de ellos en un orden dado no es igual al producto tomado en el orden inverso.

La función de onda no es la descripción de un sujeto cognoscente desde “fuera” del espacio-tiempo del sistema observado, esto es, evita suponer la hipótesis metafísica de un observador físicamente no interactivo (como el “ojo de dios”) que observa una colección de individuos (o conjunto clásico) desde el exterior; supuesto metafísico del que finalmente dependía su esperanza determinista de completitud.

¿Qué significa físicamente la incertidumbre ineliminable de la función de onda? La imposibilidad de determinar completa e individualmente todas las propiedades o elementos de un sistema en el tiempo simultáneamente, pues no existe algo así como un estado completo del sistema en cualquier instante del tiempo. Pero esto no es el resultado de alguna incapacidad epistemológica del sujeto cognoscente, sino que la función de onda es la descripción genética de las propiedades físicas de la evolución de un sistema espacio-temporal; es decir, de la estructura concreta del sistema. Esto simplemente quiere decir algo obvio: que el sistema no es una estructura atemporal.

¿Cómo podría entonces “describirse” un “sistema cuántico” evitando la generalización de la interpretación descriptivista clásica de la medición completa para todo el sistema? Birkhoff y J. von Neumann intentaron resolver este problema desarrollando un tipo de lógica no-distributiva de proposiciones sobre el sistema a partir de las relaciones entre estados del sistema²²⁹.

229 “The object of the present paper is to discover what logical structure one may hope to find in physical theories which, like quantum mechanics, do not conform to classical logic. Our main conclusion, based on admittedly heuristic arguments, is that one can

Particularmente el lógico y matemático norteamericano John von Neumann intentó en los años treinta una formalización sistemática de la teoría cuántica, apelando a la formulación de dos reglas diferentes para determinar el cambio del estado de un sistema en el tiempo. Una primera que incorpora dos variables básicas referidas al mismo paso del tiempo y a la interacción de un sistema con otros sistemas (o a estados consecutivos de un mismo sistema). Y una segunda regla que incorpora al estado inicial del sistema el valor del observable medido o si se quiere incluye la propia medición del observador como un factor del sistema.

Si bien la propuesta era prometedora, no resultó igualmente clara la necesidad de construir una lógica divergente de la lógica clásica (sustituyendo, por ejemplo, las reglas de la conjunción y la disyunción clásicas a partir de un debilitamiento del principio lógico del tercio excluido), pues la propia argumentación utilizada por von Neumann suponía las reglas de la lógica clásica para definir un sistema, ¿para qué complicar entonces inútilmente nuestro aparato racional?

Mas aún, ¿no sería esta traducibilidad una indicación de la existencia de “parámetros ocultos” y, por lo tanto, de la existencia de un determinismo causal más profundo sólo que no percibido por el carácter parcial e incompleto de la teoría cuántica? En otras palabras, el principio de Indeterminación no sería un “principio” sino simplemente el resultado de la incompletitud de la teoría cuántica para definir un “sistema cuántico”.

A primera vista sólo quedaban dos alternativas: tomar con moderación los resultados de la teoría cuántica y no pretender apresuradas generalizaciones epistemológicas y lógicas divergentes de la clásica, a partir de una teoría cuya incertidumbre posiblemente sería el resultado transitorio de su carácter parcial e incompleto como teoría; o,

reasonably expect to find a calculus of propositions which is formally indistinguishable from the calculus of linear subspaces with respect to *set products*, *linear sums*, and *orthogonal complements*—and resembles the usual calculus of propositions with respect to *and*, *or*, and *not*”. Birkhoff, G. y von Neumann, J.; “The logic of Quantum Mechanics”, en *Annals of Mathematics*. Vol. 37, N° 4, October, 1936, p. 823.

por el contrario, había que trasladar la interrogante a un nuevo nivel, problematizando radicalmente la misma noción clásica de "sistema" o más precisamente de "sistema aislado" (completamente determinable) que hasta entonces se concebía como un parámetro evidente y necesario de toda medición científica.

A pesar de los ánimos revolucionarios que abrió la Teoría de la Relatividad en el espíritu de nuestros científicos contemporáneos, esta nueva encrucijada no era fácil de resolver. La ciencia no podía vivir en una suerte de crisis y revolución permanente como suele suceder a los amantes de la filosofía, el arte o la política. De hecho, personalidades de insospechable conservadurismo como el propio Einstein y luego de él Quine, entre otros, optaron por la primera alternativa. El asunto es que esta encrucijada originó uno de los debates más apasionados, abstractos y especulativos que haya conocido una ciencia fáctica como la Física.

Un primer argumento contra la suposición determinista de los "parámetros ocultos" fue desarrollado por el mismo von Neumann. Dicho argumento descansaba en una crítica a la "suposición de linealidad" que extendía más allá de los estados cuánticos la existencia hipotética de un parámetro adicional que podría medir de una manera determinista la interacción de partículas y obtener el mismo valor que la teoría cuántica. El argumento de von Neumann mostraba que con la hipótesis de los "parámetros ocultos", ni siquiera para las cantidades observables más sencillas podían obtenerse resultados consistentes con las exitosas predicciones de la teoría cuántica. Pero el carácter concluyente del argumento de von Neumann en realidad derivaba más de la "suposición de linealidad" que de la misma suposición de la existencia de "parámetros ocultos", por ello tampoco resultó del todo convincente.

El teorema de Bell

Luego de casi treinta años de debate, el argumento más demoledor contra el determinismo causal local provendría del teorema formulado en 1964 por el físico-matemático John S. Bell, de la organización

europea para investigaciones nucleares (CERN)²³⁰. Es a propósito de dicho teorema que recién se van a hacer evidentes y problemáticos los dos supuestos metafísicos sobre los que descansa una concepción determinista en general: por un lado, el supuesto de la “separabilidad” de una entidad de sus interacciones con otras y, por otro lado, el supuesto de la “localidad” de toda relación causal; esto es, los dos supuestos básicos sobre los que descansa nuestra firme creencia en la existencia real de sistemas aislados.

Volviendo al contexto histórico del debate, la demostración de Bell era una respuesta al desafiante “experimento mental” o “experimento imaginario” con el que Einstein cuestionara en 1935 la completitud de la teoría cuántica²³¹. En dicho experimento, Einstein suponía un sistema mínimo compuesto por dos partículas nucleares²³². Luego imaginó poder separarlas a una gran distancia de años luz mediante algún método que hipotéticamente impidiera cualquier interacción causal de *spin* entre ellas, de manera que la medición sobre una no pudiera afectar a la otra.

De acuerdo a la teoría cuántica, no existía algo así como un estado tal en el que una partícula de un sistema no interactuara con la otra, por lo tanto en el experimento de Einstein no se cumpliría la tesis cuántica que concibe la medición como un valor del sistema no existente antes de la medición. Einstein pretendió demostrar que la indeterminación de la función de onda no es un valor físico del sistema sino de la limitación de nuestro conocimiento y que los valores de las partículas estarían determinados individualmente por “parámetros

230 Bell, J.S.; *Speakable and unspeakable in quantum mechanics*. Cambridge University Press, 1987. Su artículo original titulado “On the Einstein-Podolsky-Rosen paradox” fue publicado en *Physics*, vol. 1, N° 3, pp. 195-200, nov/dic, 1964.

231 Einstein, Podolsky, Rosen; “Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?”, en *Physical Review*, vol. 47, N° 10, pp. 777-780, del 15 de mayo de 1935.

232 “...los experimentos en cuestión se propusieron inicialmente como ‘experimentos imaginarios’, esto es, experimentos puramente ideales. Sin embargo, en los últimos años se han llevado a término varias versiones de los mismos con aparatos reales.” d’Espagnat, Bernard; “Teoría cuántica y realidad”, en *Investigación y ciencia* (edición en español de *Scientific American*) N° 40, enero de 1980, p. 80.

ocultos” todavía no establecidos. En otros términos, la medida no sería un valor físico relativo al sistema de referencia.

En su respuesta a este clásico desafío, el teorema de Bell procedió a admitir como ciertas las cuatro suposiciones sobre las que se construyó el experimento de Einstein-Podolsky-Rosen (en adelante EPR):

- a. La separación de cada partícula y el arrastre por cada una de un valor independiente y completo.
- b. La existencia de una gran distancia espacial y una proximidad en el tiempo entre cada una de ellas, de manera que por relatividad no puedan afectarse mutuamente.
- c. Que la medida de una partícula no debería afectar causalmente a la otra y, por tanto, que la probabilidad que se obtenga de la medición de una partícula debería depender sólo de la posibilidad de los diversos valores de cada partícula (variables locales ocultas).
- d. Que los resultados de dicha medida deberían coincidir con las probabilidades exitosamente predichas por la teoría cuántica, pero sin las complicaciones teóricas de ésta.

Bell construyó una primera ecuación con seis variables divididas en dos grupos, cuyos valores corresponden a las tres propiedades o direcciones posibles del *spin* de cada partícula [arriba (+), abajo (-) e indeterminado (0)], recordando que cada una de dichas variables (a, b, c) guarda una correlación negativa perfecta entre ellas (cuando una lee + la otra lee -), lo cual da lugar a tres ecuaciones que corresponden a todas las correlaciones posible (AB, AC, BC) entre dos partículas.

A partir de estas tres ecuaciones, Bell demostró que la hipótesis einsteniana imponía un límite o prohibición a las correlaciones posibles entre ambas partículas. Dicha prohibición se expresa en una desigualdad (llamada desde entonces “Desigualdad de Bell”). Esta se basa en un razonamiento básico de la teoría de conjuntos: “La ecuación establece el hecho evidente de que cuando un conjunto de partículas se divide en dos subconjuntos, el número total de partículas del conjunto original debe ser igual a la suma del número de partículas de los subconjuntos...”²³³.

233 *Ibid.*, pp. 87 y 90-91.

Se puede considerar entonces a ésta como una predicción negativa explícita que se deriva del experimento de Einstein. No obstante, de las reglas del formalismo matemático de la teoría cuántica se infiere que para algunas elecciones de los ejes A, B, y C, se viola la prohibición de la desigualdad de Bell. ¿Quién tiene la razón y de qué premisas específicas se deriva en cada teoría dicha predicción discrepante? Hubo que esperar hasta 1969 para contemplar la posibilidad de comenzar a realizar experimentos reales sobre la cuestión en debate. Luego de resolver infinidad de problemas técnicos entre 1971 y 1980 se hizo un total de siete experimentos; cinco de ellos respaldaron las predicciones de la teoría cuántica²³⁴.

El teorema de Bell sugirió una reorientación de la investigación hacia el terreno de las premisas que fundamentan la prohibición sistémica einsteniana. Parece que la inconsistencia de la fórmula einsteniana con la teoría cuántica proviene del postulado apriorístico de que todas las posibilidades individuales de las partículas o entidades sistémicas individuales pueden definirse de manera separada. Ahora parece como si estuviéramos obligados a pensar que la medición sobre una partícula individual o un sistema particular tiene necesariamente un efecto determinante sobre el resultado de la medición sobre otra partícula o sistema aparentemente separado.

No obstante, podría pensarse que dada la separación supuesta por la ecuación einsteniana entre ambas entidades —que hace impensable cualquier interacción causal entre ellas—, cada partícula, después de la separación, traería consigo su propia e independiente probabilidad, algo así como una alternativa de variables ocultas estocásticas locales no deterministas. Sin embargo, también esta alternativa resulta —en el teorema de Bell— inconsistente con las predicciones de la teoría cuántica.

234 “Debo admitir que los resultados de estas contrastaciones me han sorprendido. Cuando oí por primera vez que John F. Clauser y Abner Shimony intentaban contrastar el teorema de Bell, esperaba que sus resultados refutasen la teoría cuántica. Pero mi experiencia parece haber sido equivocada puesto que la mayoría de las contrastaciones han tenido el resultado contrario”. Popper, Karl R.; *Teoría cuántica y cisma en la física*. Madrid, 1985, Tecnos, p. 47.

Este hecho resulta clásicamente ininteligible pues viola el principio sacrosanto de la ciencia moderna —no sólo de la tesis corpuscular sino también de la sistémica— sobre la localidad de las interacciones causales (como vimos desde los debates originarios sobre la gravitación, para ella no existe la “interacción a distancia” salvo que aceptemos la magia o los milagros). Ésta supone que las probabilidades de las entidades individuales pueden ser fijadas de manera determinista por características locales contiguas y perfectamente definidas.

¿De qué estamos hablando entonces cuando nos referimos a estructuras sistémicas no locales y no deterministas? Es en este contexto que comenzamos a hablar de “sistemas enmarañados” (*entanglement*) en el sentido de que en dichos sistemas —incluso frente al distanciamiento de toda interacción local— sus individuos o elementos se comportan como si tuvieran una suerte de registro genético de su existencia pasada como componente de un sistema entrelazado que no puede ser factorizado en características o propiedades independientes²³⁵. Esto es así porque tampoco el “sistema” es una “creación” (en el sentido de físicamente incausado) o un mero “constructo” subjetivo de la medición del observador, dado que el valor de la medición resulta en el teorema de Bell un valor del sistema aún sin estar en contacto local con él.

Estamos ante una suerte de interacción causal que desborda incluso los límites impuestos por la teoría de la relatividad a las interacciones causales, las cuales en ningún caso podrían superar la velocidad de la luz²³⁶.

La demostración de Bell sugiere asimismo una revisión radical de nuestra propia interpretación física del formalismo cuántico, o si se quiere de la naturaleza de nuestro entendimiento del mundo físico. En este contexto, el principio de Indeterminación de Heisenberg y la

235 Cf. Sklar, Lawrence; *Filosofía de la física* (1992), *op. cit.* pp. 318-319.

236 “... la hipótesis de separabilidad expresaba la idea, intuitivamente razonable, de que los componentes de spin de un protón no influían en los de otro protón, si las dos partículas se hallaban suficientemente alejadas. La hipótesis más restrictiva de la separabilidad de Einstein prohíbe tal influencia sólo si se propagara con una velocidad mayor que la de la luz.” d’ Spagnat, Bernard; “Teoría cuántica y...” *op. cit.* p. 94.

función de onda de Schrödinger no constituyen el resultado de una limitación de nuestra descripción del mundo, sino, por el contrario, del aumento de nuestro conocimiento del mundo. Un conocimiento de sus interacciones causales más amplio que aquel restringido por el principio de separabilidad y causalidad local.

En resumen: "Teorías con variables ocultas, y teorías relativistas locales, en general, ponen límites a la extensión hasta donde ciertos sucesos distantes pueden hallarse correlacionados; la mecánica cuántica, por el contrario, predice que en algunas circunstancias, el límite puede superarse". La violación del principio de separabilidad por la teoría cuántica, sugiere en algún sentido que todas estas entidades cuánticas constituyen un todo abierto e indivisible²³⁷.

Modelos de cuerdas

Desde la segunda mitad de la década de los ochenta se viene explorando diversas teorías basadas en un modelo matemático muy diferente de los modelos de partículas elementales llamado de "Supercuerdas".

En dichas teorías el comportamiento de las entidades cuánticas se asemeja al comportamiento de una cuerda. Sus constituyentes no son conjuntos continuos de corpúsculos puntiformes, sino algo semejante a diferentes modos de vibración armónica que dependen de la tensión de una cuerda. La frecuencia de vibración del modo determina la energía y, por tanto, la masa de las llamadas entidades cuánticas²³⁸.

Lo prometedor de las teorías basadas en los modelos de cuerdas es que sugieren un tipo de formalismo no puntual que permite considerar las cuatro fuerzas fundamentales como aspectos diversos de una sola simetría subyacente, salvando así las aparentes incompatibilidades entre la relatividad o gravitación generalizada de Einstein y la teoría cuántica en su conjunto.

237 *Ibid.*, pp. 85 y 95.

238 Green, Michael B.; "Supercuerdas", en *Investigación y ciencia* (edición en español de *Scientific American*) N° 122, noviembre de 1986, p. 26.

Para efectos de nuestro trabajo, el aspecto relevante de los modelos de cuerdas reside en que sugieren que “puede cambiar nuestra concepción de la geometría del universo. Hablando estrictamente, no es correcto imaginar las cuerdas como partículas independientes moviéndose en algún espacio fijo de referencia, o de fondo”²³⁹.

En la teoría de las supercuerdas, la gravedad se define en un mundo ampliado a diez dimensiones espacio-temporales. Se trata de una enorme ampliación geométrica de la idea de espacio, en la que el número de posibles configuraciones del “campo de cuerda” es mucho mayor que el número de puntos posibles en un espacio dado.

Pero tal ampliación no consiste simplemente en agregar seis dimensiones adicionales a las cuatro visibles (tres espaciales y una temporal), sino en el hecho de que las configuraciones de una cuerda determinan lo que llamaremos un “campo de cuerda”, es decir la “vibración” (o “trayectoria”) de una entidad cuántica en un modelo de cuerdas, a diferencia de un modelo de partículas, “barre” por decirlo de una manera intuitiva una “hoja del universo” —y no describe una “línea” puntual separada del fondo espacio-temporal— de manera que resultan indistinguibles o mejor dicho inseparables, sus estados inicial y final en el espacio tiempo.

En la relatividad generalizada no-cuántica, todavía se supone la entidad cuántica como una partícula puntual que se mueve a lo largo de una “línea del universo” (línea de Minkowsky) minimizando sus interacciones a la longitud unidimensional habida entre dos puntos del espacio-tiempo, mientras que cuando una cuerda se “mueve” barre una superficie bidimensional del espacio-tiempo denominada hoja del universo, algo así como el desplazamiento de una película jabonosa que envuelve toda una región del espacio-tiempo.

A partir de ello podemos imaginar dos tipos de cuerdas —abiertas o cerradas— según sus extremos estén unidos o no. Las cuerdas cerradas son aquellas que barren hojas del universo que topológica-

239 *Ibid.*, p. 26.

mente incluyen todas las posibles superficies conexas que diríamos pueden atribuirse al estiramiento, torcedura o cualquier deformación elásticamente suave (sin rasgaduras) de una entidad subyacente común, equivalente a la de un cilindro. Por otro lado, las cuerdas abiertas son aquellas que barren hojas del universo en términos similares pero que ofrecen rasgaduras en su continuidad, aunque topológicamente presentan simetrías que se pueden considerar como equivalentes a la figura de inmensas rosquillas con un número arbitrario de agujeros.

El papel de las simetrías es aquí fundamental (aunque también lo es para los modelos cuánticos basados en partículas puntuales). Como señalamos en la nota 228, el concepto de simetría se encuentra íntimamente ligado a la teoría matemática de “grupos” y al concepto de “transformación”. Así por ejemplo, cuando asociamos uno a uno elementos de un conjunto con otros elementos del mismo conjunto, decimos que se ha producido una transformación por rotación automórfica, en la medida que son simétricas y continuas en torno a los ejes espacio-temporales internos del mismo grupo y no dependen de la trayectoria del conjunto en un espacio o sistema de referencia externo.

Cuando las transformaciones simétricas se realizan independientemente en cada punto del espacio y el tiempo de manera continua, se les denomina “simetrías de aforo” y las teorías que las implican “teorías de aforo”. El ejemplo más sencillo de éstas es la teoría del electromagnetismo clásico de Maxwell. Pero, además, una simetría puede llamarse “rota”, cuando se produce un cambio de estado o direccionalidad de un sistema de partículas a otro distinto. Ello dio lugar a la formulación posterior de los “grupos de simetrías de aforo”, que sirvieron para explicar de manera unificada sistemas complejos que agrupan fenómenos diversos y finalmente a la formulación de las denominadas “supersimetrías”.

Por ejemplo —como ya vimos en el capítulo anterior—, las fuerzas electromagnéticas y las fuerzas débiles fueron unificadas en la teoría electrodébil. Esto fue posible porque si bien a temperaturas ordinarias ambas funcionan como dos fuerzas con propiedades y características completamente distintas, su simetría se hace patente a temperaturas muy superiores a los 10^{15} grados celcius.

Si bien las teorías de cuerdas —en cuanto a su origen matemático— nos remiten a la teoría de grupos de fines del siglo pasado, por su relevancia actual nos remiten, en términos inmediatos, a fines de la década de los años sesenta y primera mitad de la década de los setenta. Pero por su pretensión de dotar al formalismo cuántico de una interpretación física consistente, fue sólo a partir de los años ochenta que los físicos norteamericanos Schwarz y Green empezaron a construir teorías de cuerdas con supersimetrías y a investigar sus propiedades, motivados por las implicaciones del principio de Incertidumbre de Heisenberg a escalas de distancia inferiores a los 10^{-15} metros. Aquí las fluctuaciones de energía adquieren tal magnitud que el espacio-tiempo debe considerarse muy curvado, al punto que vuelve problemática la noción misma de espacio-tiempo como una colección continua y lineal de puntos. Pues bien, ahora la teoría de supercuerdas “extiende” la teoría de Einstein a un espacio de configuraciones de cuerdas mucho más rico.

El primer resultado es que se asigna una mayor probabilidad a las trayectorias de mínima acción. Dicha formulación de la conducta de las entidades cuánticas fue denominada por Richard P. Feynman “método de suma sobre historias” y exige (en teoría de supercuerdas) todas las posibles superficies que unen los estados inicial y final de una cuerda. Las distintas trayectorias pueden imaginarse entonces como fluctuaciones de una hoja del universo o movimientos vibratorios de una película jabonosa.

El segundo resultado, es que el movimiento de una cuerda implica una interacción directa con el espacio de fondo en el que actúa, a diferencia del movimiento de una partícula puntual que no conlleva ninguna información de su interacción con el espacio de fondo a consecuencia de la separabilidad supuesta de manera intrínseca por la metafísica atomista.

Las teorías de supercuerdas han abierto muchas nuevas líneas de investigación en Física y Matemática, pero particularmente una nueva esfera de problemas interesantes para nuestra presente investigación filosófica. Como observa uno de sus creadores, Michael B. Green: “...exige...dominar los principios profundos sobre los que se basa la teoría... En las teorías de supercuerdas, se han atisbado primero algu-

nos detalles y todavía andamos buscando a tientas alguna intuición unificadora *sobre la lógica de la teoría* (...) *¿Cómo descubrir la lógica de la teoría de supercuerdas?*"²⁴⁰. Este es precisamente el punto en el que comienza nuestra reflexión siguiente.

240 *Ibid.*, p. 39.

VIII

Física cuántica y teoría cuasi-conjuntista: ¿Nueva lógica o nueva concepción de científicidad?²⁴¹

*"Hay más cosas en el cielo y la tierra,
Horacio, de las que sueña tu filosofía"*

SHAKESPEARE²⁴²

LA FÍSICA CONTEMPORÁNEA de Heisenberg y Schrödinger ha desbordado de manera implacable todos los niveles sintácticos, semánticos y pragmáticos del lenguaje sobre el cual se construyó el paradigma metafísico-moderno de científicidad y ha creado la necesidad de ex-

241 Una primera versión del presente texto fue leída en el VII Congreso Nacional de Filosofía, realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú entre el 3 y 7 de agosto de 1998. Un lamentable malentendido hizo que esto ocurriera en una sesión dedicada a problemas de filosofía de la ciencia y epistemología. En realidad, mi trabajo no pretendía un objetivo epistemológico en el sentido usual del término, como filosofía de la física, de la lógica o de la matemática. Más bien pretendía un objetivo metafísico: sugerir la posibilidad de una ontología no objetualista y un "logos" —en los tres sentidos que Platón da a dicho término en el *Teeteto*— no analítico. Lo que sucedió es que para alcanzar dicho objetivo apelé a ciertos resultados de la física, la lógica y la matemática contemporáneas y a algunos insufribles tecnicismos que ello implica, que en mi opinión problematizan ciertos principios fundamentales de la ciencia moderna y me permiten sugerir algunas preguntas, así como aventurar algunas conjeturas metafísicas. Al no advertir con suficiente claridad estos objetivos, originé involuntariamente la confusión de los organizadores.

242 "There are more things in heaven and earth, Horatio, than are dreamt of in your philosophy." Shakespeare, William; "Hamlet", en *The complete works of William Shakespeare*. New York, Nelson Doubleday Inc., vol. II, Act I, Scene V, p. 606, (traducción nuestra).

plorar un nuevo paradigma cultural de cientificidad no-atomista, de carácter relacional, estructural e histórico.

Si bien el debate viene procesándose desde comienzos del siglo XX a partir de diversas entradas y perspectivas disciplinarias (física, antropología, lingüística, matemática, lógica, historia, psicología, etc.), la última década de nuestro siglo pareciera culminar el logro de algunos resultados importantes en el terreno de una revolucionaria y consistente reinterpretación metafísica del formalismo cuántico²⁴³.

Lo interesante de estas propuestas es que desbordan los marcos meramente disciplinarios en los cuales se han desarrollado originariamente (la mera elaboración de un formalismo matemático adecuado al comportamiento observado por las entidades cuánticas), sugiriendo más bien un cuestionamiento de las evidencias culturales más básicas a partir de las cuales se fijó una suerte de sentido común de cientificidad en el mundo moderno. Las implicancias pragmáticas globales de estas reformulaciones ponen por supuesto en cuestión las propias formas de vida que engendraron la concepción moderna de cientificidad.

Recapitulando brevemente el problema

Desde el *punto de vista de su interpretación física*, como consecuencia del principio de Indeterminación de Heisenberg (PIH) quedó finalmente claro que las llamadas “partículas cuánticas” no resultaban en general localizables debido a que ellas eran –categorialmente hablando– completamente diferentes a sus análogas clásicas, en el sentido de que no pueden ser consideradas entidades individualizables, como entidades atómicas, *físicamente* inanalizables en términos de ser objetos espacio-temporales simples.

243 “One particular metaphysical view contends that quantal particles are ‘non-individuals’ in some sense...” French, Steven and Krause, Decio; “A formal framework for quantum non-individuality”, en *Synthese*, 1995, N° 102, printed in Netherlands, pp.195-214. Steven French es profesor del Departamento de Filosofía de la Universidad de Leeds, Inglaterra, y Decio Krause del Departamento de Matemáticas de la Universidad de Paraná, Curitiba-Brasil.

Por otro lado, desde el *punto de vista del formalismo matemático*, la Ecuación de Onda de Schrödinger (EOS) en la teoría cuántico-relativista del campo tampoco refiere a interacciones entre partículas individuales, sino que trata de “campos de excitación”. Particularmente cuando los “estados estacionarios” (corpusculares) se permutan, carece de sentido pretender su “localización” en términos corpusculares, pues dicha suerte de entidad se dispersa en toda una región del espacio-tiempo. Entonces, el “conocimiento” al que refiere la ecuación de Schrödinger remite más bien a ciertas restricciones simétricas de entidades complejas indiscernibles –descritas genéticamente por una ecuación de onda– y no a individuos²⁴⁴.

Las entidades atomistas (partículas individuales simples, independientes de sus relaciones) dejaron de ser la “sustancia primaria” en esta nueva metafísica del mundo material, para limitarse a ser un caso particular de ente, en el contexto de un mundo formado por entidades físicas “enmarañadas” (*entanglement*), embrolladas o complejas, análogas a los grumos de un engrudo. La noción de “partícula elemental” devino así en un concepto metafórico para referirse a las entidades cuánticas.

Dicho proceso fue creando progresivamente en los científicos y filósofos de la segunda mitad del siglo XX, la convicción de un inexorable “marchitamiento” de la noción general de “objeto físico”, cuya clásica transparencia intuitiva resultó ser cada vez menos un resultado de alguna experiencia de origen “físico” y más bien de naturaleza metafísica, por lo menos en dos sentidos: uno, referido a su estatus lógico-semántico, y otro, referido a su estatus ontológico.

La consecuencia de esta convicción fue un profundo cuestionamiento de nuestros criterios epistemológicos básicos de “cientifici-

244 “...la partícula ya no es un individuo,... no se la puede identificar,... carece de ‘identidad’. El hecho es conocido por todos los físicos, pero rara vez se le pone en relieve, y menos en obras no dedicadas a los especialistas. En el lenguaje técnico se le expresa diciendo que las partículas ‘obedecen’ a una estadística de nuevo cuño, sea la de Einstein-Bose o la de Fermi-Dirac. La conclusión, lejos de ser obvia, es que el inocente epíteto ‘este’ no resulta muy aplicable, digamos, a un electrón, más que con precaución, en un sentido limitado, y a veces ni aún así.” Schrödinger, E.; “¿Qué es una partícula...”, en *¿Qué es una ley...*, op. cit., pp., 164-165.

dad” y de nuestros criterios metafísicos más fundamentales de “existencia”, heredados del contexto cultural del mundo moderno.

El debate ontológico y lógico-semántico

Hay que reconocer en este punto que el cuestionamiento más radical del concepto metafísico-mecanicista de “objeto físico”, o mejor dicho, de “objetualidad” u “objeto en cuanto tal” –subyacente en el compromiso ontológico atomista de la ciencia moderna–, fue tempranamente conjeturado en nuestro siglo por las investigaciones ontológicas de Martín Heidegger²⁴⁵. Recuperando en parte la crítica hegeliana a la concepción de objetualidad en el mecanicismo decimonónico, Heidegger la extendió a los orígenes históricos de la “pregunta por el Ser” en la metafísica occidental, en el momento en que Aristóteles la funda como ciencia del “Ser en cuanto tal”.

A partir de este giro, Heidegger abrió el terreno para una sistemática “destrucción” de las categorías básicas de la metafísica tradicional. No obstante, la valiosa radicalidad de su crítica –hecha en el contexto previo a los grandes desarrollos teóricos de la Física cuántica relativista– se detuvo en este punto, replegándose hacia una descalificación apriorística y unilateral del pensamiento científico como un todo y abandonando una crítica interna de sus aporías. Para ello, transfirió el problema ontológico a una pretendida esfera previa del saber óntico, completamente al margen del desarrollo de la ciencia positiva contemporánea.

Desde una esfera lógico-semántica, fue posiblemente Willard van Orman Quine el que a mediados de nuestro siglo inició una crítica radical de la validez significativa y referencial del concepto de “objeto físico” heredado de la ciencia moderna, recuperando en parte las contribuciones iniciadas por Peirce y el segundo Wittgenstein. En

245 Cf. Heidegger, M.; *El ser y el tiempo* (1927). México, 1988, FCE, pp. 18-37. También *La pregunta por la cosa*. Madrid, 1985, Orbis, pp. 56-90.

primer lugar, atacando el dogma reduccionista del significado²⁴⁶, por el cual un enunciado es equivalente a alguna construcción lógica cuyos términos refieren a la experiencia inmediata. En segundo lugar, el dogma cartesiano de la transparencia del lenguaje, basado en una distinción fuerte entre enunciados analíticos y sintéticos, que no permite ver los complejos compromisos ontológicos que median la relación entre palabra y objeto²⁴⁷.

En 1976, Quine presentó un breve artículo titulado "Whither physical objects?"²⁴⁸ en el que sostuvo la tesis de que el desarrollo de la Física en el presente siglo sugería la creciente evaporación de la noción clásica de objeto físico en sus entidades más fundamentales: las partículas elementales. No obstante, en el terreno de la sintaxis lógica Quine —el revolucionario de la semántica lógica— desconfiaba de la perspectiva de un "cambio de lógica", considerando hasta cierto punto irrelevantes los esfuerzos iniciados desde comienzos de siglo por los lógicos intuicionistas²⁴⁹.

246 Cf. Quine, W.O.; "Dos dogmas del empirismo" (1951), en *Desde un punto de vista lógico*. Barcelona, 1962, Ariel, pp. 49-82.

247 Cf. *Palabra y objeto*. Barcelona, 1968, Labor, pp. 243-284. También ver *Pursuit of truth*. London, 1990, H.U.P., pp. 23-36.

248 En Cohen, Feyerabend, Wartofsky (Eds.); *Essays in memory of Imre Lakatos*. D. Reidel, 1976.

249 Una primera razón de su desconfianza viene dada por lo que Quine considera como una "confusión entre conocimiento y verdad". En efecto, el que existan cosas o estados intermedios y consecuentemente una graduación en nuestras oraciones veritativas, no implica (falacia *ad ignorantiam*) la intraducibilidad de un lenguaje a otro (divergencia lógica). Indica simplemente que no sabemos la verdad o falsedad de cada una de ellas. Más respetable es para Quine la razón que se esgrime para una "nueva lógica" partiendo de las "paradojas de la teoría de conjuntos y de la semántica" o la que proviene del "paradójico principio de indeterminación... de Heisenberg", en la medida que plantean no un asunto de "limitación" de nuestro conocimiento, sino la existencia (realidad ontológica) de "clases" y "leyes" que escapan o contradicen la lógica clásica. Pero Quine advierte de inmediato que en ambos casos se trata de un "ascenso semántico", pues ni en la teoría general de conjuntos, ni en la semántica general, ni en las leyes de la Física cuántica, las paradojas aparecen referidas a "individuos" (la aritmética y la lógica clásica de primer orden están exentas de paradojas) sino a "funciones". No percibir este "cambio de tema" conduce al error de impertinencia de atribuir divergencias lógicas a una mera confusión entre "relaciones" y "entidades". La consecuencia es una mutilación excesiva (lógicas intuicionistas)

La noción de “objeto físico”

Desde el punto de vista de su interpretación física, la práctica experimental de la Física moderna suponía una ontología clásica referida a objetos individualmente discernibles en un punto del espacio y dicha localización, a su vez, suponía la separabilidad del espacio y el tiempo con respecto al individuo. Dicha separabilidad entre espacio y tiempo es lo que la Física cuántica relativista puso en cuestión, y con ello la discernibilidad de los individuos como un conjunto de propiedades (no-relacionales) que convienen de manera invariante (a-temporal) a dicho “objeto”.

Con las entidades cuánticas se trata de algo así como “estados enmarañados” (*entangled states*) de correlaciones sistémicas, expresables en términos de magnitudes físicas no reducibles a propiedades simples de partículas separadas de dichas relaciones, como exigía el postulado analítico de simplicidad de Leibniz²⁵⁰. Más aún, se trataría de propiedades físicas relacionales “no-convergentes” (*non-supervenient*), en el sentido de que ellas no dependen de ninguna propiedad monádica (intrínseca o extrínseca) de partículas individuales, pues ello supondría la separabilidad del continuo espacio-temporal.

Tal situación planteó más bien el problema inverso: de si es posible formalizar operativamente el estatus ontológico de dichas relaciones. Esto es, postular una suerte de realismo estructural, análogo al que sugiriera a comienzos de siglo H. Poincaré. En realidad, ello implicaría construir un discurso basado en una semántica no-nominalista que interpretara el formalismo cuántico simbolizando dichas relaciones independientemente de una representación en términos de propiedades monádicas. En apariencia esto requería abandonar la en-

o una gran pérdida de sencillez (lógicas modales) cuyos frutos son irrelevantes. Quine apela por ello a su “máxima de la mutilación mínima”. Cf. *Filosofía de la lógica* (1970) Madrid, 1973, Alianza Editorial, pp. 146 y ss.

250 “(2) Y es necesario que haya sustancias simples, ya que hay compuestos; porque lo compuesto no es otra cosa que una colección o agregatum de simples. (3)...y estas mónadas son los verdaderos átomos de la naturaleza y, en una palabra, los elementos de las cosas”. Leibniz; *Monadología*. Madrid, 1986, Alhambra, p. 27.

fática prohibición de Quine de que sólo es posible cuantificar sobre variables de primer orden²⁵¹.

Descriptivismo

Lo sorprendente de la prohibición de Quine es que ésta es efectivamente válida si asumimos el dogma semántico reduccionista del significado —que el propio Quine desafiara— para el caso de los nombres propios. Vale decir, lo que se ha dado en llamar la concepción descriptivista de los nombres propios. Como ya notaba el célebre matemático intuicionista Herman Weyl, “El punto de vista aquí expuesto se origina evidentemente dentro del dominio de los datos sensorios, los cuales —es cierto— sólo pueden dar lugar a la cualidad y no a la relación”²⁵².

En efecto, si decimos que una rosa tiene un color diferente de otra, dicha afirmación es en realidad reducible al hecho de que una es roja y la otra amarilla. Pero si decimos que A está a la izquierda de B, o que Juan es primo de Pedro, la relación es “puramente ideal”, pues resulta irreducible a propiedades monádicas. Según Weyl, dicha tesis se origina en la ontología monádica de Leibniz, quien en el parágrafo 47 de su quinta carta a Clarke, sostenía que el concepto de relación (no reducible a una propiedad monádica) “es algo fuera de los sujetos; pero como no es sustancia ni *accidens*, debe ser algo puramente ideal, pero a pesar de todo digno de ser examinado”²⁵³.

Por supuesto, esta concepción descriptivista de los nombres propios presupone un compromiso ontológico (la existencia de entidades atómicas separadas de sus relaciones) que no admite como descripción física entidades compuestas por relaciones no-convergentes e indiscernibles (irreducibles). Asumida de esta manera rígida, se encuentra comprometida con una ontología tradicional típicamente esencialista²⁵⁴.

251 Quine, W.O.; *Filosofía de la...*, op. cit., p. 173

252 Weyl, Herman; *Filosofía de las matemáticas...*, op. cit., pp. 4-5

253 *Ibid.*

254 Lo que en realidad se afirma es que el mundo consta de objetos que se autoidentifican en sí mismos. Pero, como bien señala Putnam: “...los signos no correspon-

Pero también un análisis cuidadoso de dicha rigidez muestra que ella deviene de una identificación absoluta del significado con su función de referir. Función que resulta primaria cuando el objetivo es distinguir un individuo de otro; pero de ello no se deduce que se satura o “amarra” el significado de un nombre a dicha exclusiva función. Particularmente en los casos en que no podemos enumerar la totalidad de las propiedades de una entidad porque algunos de sus elementos resultan indiscernibles, en la medida que no constituyen propiedades intrínsecas sino relacionales, es decir, no aislables o individualizables. Tal es el caso de las entidades cuánticas.

Lo que quiero sugerir es que no nos encontramos aquí con una simple dificultad técnica de carácter singular, sino con todo un compromiso metafísico esencialista que enlaza una concepción representacionista del conocimiento, una concepción reduccionista-atomista del significado y una concepción idealizada del lenguaje científico como una suerte de espejo transparente y universal (*Matehesis universalis*) estructurada en un solo paquete epistemológico, que caracteriza la concepción moderna de científicidad²⁵⁵.

Entidades no-individuales

En consecuencia, la “prohibición” no tiene —estrictamente hablando— un “origen puramente sensible”, sino que nos remite a una peculiar

den intrínsecamente a objetos con independencia de quién y cómo los emplee,... empleados de un modo determinado por una determinada comunidad de usuarios... los ‘objetos’ no existen independientemente de los esquemas conceptuales. Desmenuzamos el mundo en objetos cuando introducimos uno u otro esquema descriptivo, es puesto que tanto los objetos como los símbolos son internos al esquema descriptivo, es posible indicar cómo se emparejan.” Putnam, Hilary; *Razón, verdad e...*, op. cit., p. 61.

255 “La dificultad procede de una idea que es común a los platónicos, kantianos y positivistas: que el hombre tiene una esencia —a saber, descubrir esencias. La idea de que nuestra tarea principal es reflejar con exactitud, en nuestra propia esencia de vidrio, el universo que nos rodea, es el complemento a la idea, común a Demócrito y Descartes, de que el universo está formado por cosas muy simples, claras y distintamente cognoscibles, el conocimiento de cuyas esencias constituye el vocabulario-maestro que permite la conmesuración de todos los discursos.” Rorty, Richard; *La filosofía y el espejo...*, op. cit., p. 323.

manera de determinar el dominio de los datos sensorios establecida por el principio leibniziano de "identidad de los indiscernibles"²⁵⁶.

Nuevamente retomamos con ello a la cuestión del formalismo. Desde un punto de vista formal estas entidades cuánticas "no-individuales" tendrían que tomarse como una noción primitiva, en la medida que no pueden ser definidas en términos de su reducción analítica a otras nociones más simples (monádicas), como conjeturaba el análisis clásico, porque sus "elementos" son indiscernibles unos de otros como individuos, aunque tampoco son "idénticos".

Desaparece así la noción de individualidad como categoría fundamental y última de la realidad, abriendo una nueva comprensión sobre los supuestos fundamentales de nuestra racionalidad científica y sugiriendo la posibilidad de formular de manera autónoma una teoría no reduccionista o, si se quiere, no exclusivamente analítica de la racionalidad científica²⁵⁷.

El curso del debate parece reforzar la conjetura de que los compromisos ontológicos de la concepción atomista del mundo tienen profundas vinculaciones con la estructura lógica del discurso científico moderno, pues este peculiar resultado de la "Lógica de Schrödinger"²⁵⁸ resulta totalmente sorprendente para la lógica y matemática conjuntista ya que "contradice" el concepto tradicional de la identidad, expresado en el clásico "Principio de identidad de los indiscer-

256 Lo dicho "no niega que haya *inputs* experienciales en el conocimiento", ni pretende afirmar que el conocimiento es un mero "relato" construido únicamente en base a su coherencia interna; "lo que niega es que existan *inputs* que no estén configurados en alguna medida por nuestros conceptos,... o *inputs* que admitan una sola descripción... Hasta la descripción de nuestras propias sensaciones... está profundamente afectada (como lo están las mismas sensaciones, dicho sea de paso) por multitud de opciones conceptuales." Putnam, Hilary; *Razón, verdad e...*, op. cit., p. 64.

257 "...the disappearance of transcendental individuality from the 'categories of ultimate reality' (Lucas, 1993, p. 2) has contributed to the opening up of 'new vistas of rationality' and supports, in particular an anti-reductionist theory autonomy". French, Steven; On the withering away of physical objects, preprint. p. 5.

258 Cf. da Costa, Newton y Krause, Decio; "Schrödinger Logics", en *Studia Logica*, 1994, N° 53, pp. 533-550.

nibles” de Leibniz, por el cual el concepto de identidad se define por su equivalencia con el de indiscernibilidad o indistinguibilidad²⁵⁹.

Principio de identidad de los indiscernibles

Nótese que la noción de indistinguibilidad tiene sentido equivalente a la de identidad si es válida para todos los objetos (universo) de una colección dada (conjunto clásico) y en principio agota todas sus propiedades²⁶⁰.

¿Pero qué sucede si existen ciertas entidades cuyas propiedades no pueden ser en principio progresivamente especificadas (en términos de una contabilidad de agregados) y, por tanto agotadas, como sucede con las entidades cuánticas? Esto no quiere decir que se trate de entequeias misteriosas.

Por ejemplo, podemos afirmar que hay siete electrones en un átomo, pero no que podemos contarlos en el sentido de ponerlos en una serie y establecer un orden, razón por la cual no es posible discernir sus elementos como individuos²⁶¹. Identidad e indistinguibilidad dejan entonces de ser equivalentes y el principio de Identidad de los indiscernibles se vuelve problemático.

Lo dicho implicaría que ambos conceptos pueden ser separados —contrariamente a lo que estipula la tradicional teoría de la identidad— y que en principio es posible obtener colecciones (conjuntos) distinguibles de objetos indistinguibles (*non-individuals*).

259 “Leibniz law is the conjunction of two principles, the Principle of the Identity of indiscernibles $\forall F [F(x) \leftrightarrow F(y)] \rightarrow x = y$ and the Principle of the Indiscernibility of identicals, $x = y \rightarrow \forall F [F(x) \leftrightarrow F(y)]$ ”. Tarsky, Alfred; *Introduction to logic and to the methodology of deductive sciences*. Oxford, 1965, O.U.P., p. 56.

260 Para Leibniz, la noción completa de individuo está determinada por el conjunto de todas sus propiedades. Ella equivale a la noción de identidad, pues si dos conjuntos poseen todas sus propiedades en común, se dice que son idénticos.

261 Cf. French, Krause y Maideus; *Quantum Vagueness*. Paper presented in Symposium on the Philosophy of Quantum Mechanics of the Annual Meeting of the British Society for the Philosophy of Science, Leeds University, 1997, preprint, p. 25.

Teoría cuasi-conjuntista: ¿una revolución?

¿En qué sentido las entidades cuánticas serían no-individuales? y ¿cómo pensar esta idea de alguna manera que no resulte trivial en términos lógico-matemáticos? Se trataría de sistemas o conjuntos no-clásicos, que los matemáticos brasileños Decio Krause y Newton da Costa han denominado “cuasi-conjuntos” (*quasi-sets*)²⁶².

La formulación de una Teoría cuasi-conjuntista (TQc), hasta cierto punto podría considerarse históricamente como una continuación de las revolucionarias contribuciones a la lógica matemática desarrolladas por el brasileño Newton da Costa (y Ayda Arruda) a comienzos de los años sesenta, con su teoría de los sistemas formales bautizados posteriormente por Francisco Miró Quesada como “Paraconsistentes”, basados también en una separación de la clásica equivalencia entre la noción de inconsistencia y trivialidad²⁶³, una de cuyas consecuencias es la inclusión en un sistema o teoría deductiva de fórmulas que infringen el Principio de contradicción, sin trivializar dicho sistema²⁶⁴. De acuerdo a este punto de vista, los conjuntos “paradójicos” existirían con la misma legitimidad que los consistentes de la clásica teoría de conjuntos²⁶⁵.

En un artículo reciente, Newton da Costa ha enfatizado esta continuidad histórica desde un ángulo filosófico que vale la pena reseñar por convenir a nuestro tema:

Si se usa la lógica tradicional como lógica de la ontología (en el sentido de disciplina sobre las características más generales de lo que

262 “Our use of the expression ‘quasi-set’ follows da Costa”; Krause, Decio; “On a quasi-set theory”, *Notre Dame Journal of Formal Logic*, 1992, N° 33, p. 410.

263 “A formal system (deductive system, deductive theory...) *S* is said to be inconsistent if there is a formula *A* of *S* such that *A* and its negation, $\neg A$, are both theorems of this system... A deductive system *S* is said to be trivial if all its formulas are theorems... If the underlying logic of a system *S* is the classical logic (...), then *S* is trivial if, and only if, it, is inconsistent.” da Costa, N.; “On the theory of inconsistent formal systems”, en *Notre Dame Journal of Formal Logic*. Vol. XV, N°4, octubre de 1974. Indiana. University of Notre Dame. p. 497.

264 *Ibid.*, p. 508.

265 *Ibid.*, 508.

existe), entre los objetos existentes no se encuentran, automáticamente, ciertos objetos 'inconsistentes', como por ejemplo el conjunto de Russell. Sin embargo, cuando recurrimos a una lógica paraconsistente, todo cambia. Como dijimos, hay teorías de conjuntos donde el conjunto de Russell 'existe'. Luego, una ontología fundada en una lógica paraconsistente, puede, en principio, contener objetos contradictorios. Aceptar o no esta tesis implica, obviamente, que se argumente en profundidad y se analice los cimientos tanto de la lógica como de la ontología. En cierto sentido se puede sustentar, que mientras más débil (flexible-JCB) sea nuestra lógica, más rica es nuestra ontología²⁶⁶.

Ahora, en la TQc la *Indistinguibilidad* se torna un concepto primitivo y la Identidad carece de sentido respecto de algunos de los objetos o elementos del dominio del discurso²⁶⁷. En efecto, en la teoría clásica de conjuntos, la noción de "Indistinguibilidad absoluta" (independiente de la Identidad) carecía de sentido en la medida que la Identidad era válida para todos sus elementos. De ahí la equivalencia de ambos principios. Ahora los elementos de un Qc pueden ser absolutamente indistinguibles, sin que ello implique que son idénticos.

Ello nos remite al problema de reconsiderar la noción formal de "propiedad". Recordemos que la noción tradicional de objeto individual se determina formalmente por el clásico *Axioma de Extensionalidad*, de manera análoga como su interpretación física se determina por el clásico postulado de impenetrabilidad: dos partículas no pueden existir en el mismo punto de intersección espacio-temporal²⁶⁸.

266 da Costa, N. y Lewin, R.A.; "Lógica paraconsistente", en *Enciclopedia Iberoamericana de Filosofía, Lógica*. Tomo VIII, Madrid, 1995, pp. 198-199.

267 French, E. y Krause, D.; *A formal framework...*, op. cit., p. 201.

268 "Nunca vemos ni nos resulta posible concebir que dos cosas de la misma especie puedan existir en el mismo tiempo y en el mismo lugar. Por eso, cuando nos preguntamos si una cosa es la misma o no, siempre lo referimos a una cosa que en un determinado tiempo existe en un lugar determinado." Leibniz; *Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano*. Madrid, 1977, Ed. Nacional, Lib. II, cap. XXVII, p. 267.

La reconsideración de nuestra noción de propiedad fue al parecer inicialmente sugerida desde dos puntos de vista distintos, primero por Quine (1963)²⁶⁹ y luego por Putnam (1975)²⁷⁰.

Quine, al formular su “Teoría virtual de clases” (o Teoría abstracta de conjuntos), diferenció radicalmente la noción de “clase” (o conjunto) de la noción de “atributo”, aduciendo que la primera está necesariamente adjunta al *axioma de extensionalidad*²⁷¹, donde los individuos se definen por su “pertenencia” a un conjunto previamente establecido. Los atributos, en cambio, son idénticos siempre que ellos lo sean de las mismas cosas²⁷². Estos últimos presuponen individuos ontológicamente irreductibles y referencialmente transparentes.

El uso preferencial de la noción de “clase” se debe para Quine precisamente a la “opacidad de la referencia”²⁷³. En dicho punto reside la diferencia “esencial” entre su teoría y la definición contextual de clase propuesta por Russell (1908). Según Quine, Russell finalmente reduce la teoría de clases a una irreductible teoría de atributos que finalmente complica una saludable “economía ontológica” introduciendo objetos individuales ideales al lado de los objetos reales²⁷⁴.

Desde un ángulo semántico del asunto, Putnam señaló que “hemos llegado a confundir al menos dos nociones de propiedad”, unas veces identificándola con la noción de predicado de un concepto (en el sentido de Frege), de la cual brotaba la célebre pregunta: “¿es la existencia un predicado?”; otras veces, identificándola con la noción de “propiedad física” (temperatura o energía de un cuerpo, por ejemplo), considerando ambas como intercambiables.

Pero resulta que la identidad de dos predicados presupone su sinonimia, es decir, que son analíticamente equivalentes. De hecho, “el

269 Quine, W.V.O.; *Set theory and its logic*, 1980, Harvard U.P. y Cambridge Mass.

270 Putnam, Hilary; *Mathematics, matter and method, philosophical papers*. Cambridge, 1975, Cap. 19, “On properties”.

271 Cuya versión intuitiva afirma que dos conjuntos A y B son iguales, si y sólo si, todos los elementos de A pertenecen a B y todos los elementos de B pertenecen a A.

272 Quine, W.V.O.; *Set theory...*, *op. cit.*, p. 2.

273 *Ibid.* Cf. también *Palabra y objeto* (1959), *op. cit.*, pp. 155-162, 163-167, 175-178 y 219-223.

274 Quine, W.V.O.; *Set Theory...*, *op. cit.* p. 19

principio de individuación para predicados consiste precisamente en que ser P es uno y el mismo predicado que ser Q, si y sólo si, 'es P' es sinónimo de 'es Q'."²⁷⁵

Por el contrario, la identidad de propiedades físicas no requiere de sinonimia o equivalencia analítica una a una de sus elementos. "Cuando un científico afirma que la temperatura es energía cinético-molecular media", la identidad existente entre "x tiene tal temperatura" y "x tiene tal energía cinético-molecular media" no requiere de sinonimia. "Las propiedades, al contrario de los predicados, pueden ser 'sintéticamente idénticas'". En consecuencia, el antiapriorismo de Putnam, derivado de la crítica quineana de la analiticidad, requiere de "un nuevo sistema para la identidad sintética de propiedades"²⁷⁶.

Definición de Cantor

La definición clásica de conjunto, llamada "definición de Cantor" (1895), se enunciaba en los siguientes términos:

"Un conjunto es una colección dentro de un todo definido (*into a whole of definite*), de objetos distintos (*distinct objets*) de nuestra intuición o nuestro pensamiento. Los objetos son llamados los elementos (o miembros) del conjunto"²⁷⁷.

Aquí los conceptos de "todo definido" y de "objetos distintos", implican la noción de *decisión*, referida a la pertenencia o no de un elemento al conjunto y a la igualdad o diferencia de sus elementos. La noción de igualdad se denota por *extensión* (Axioma de extensio-nalidad), de manera que un conjunto es completamente determinado en el sentido de que es distinguible "*por la totalidad de sus elementos*". Puede así ser simplemente denotado (contado) como {a, b, c,

275 Putnam, H.; *Razón, verdad e...*, op. cit., p. 90.

276 *Ibid.*, p. 91.

277 Frankel, A.A.; *Set theory and logic*, 1966, Addison-Wesly Pub. Comp. (2ª ed.), pp. 9-10 (traducción nuestra).

$d, \}$ si es finito, o estableciendo una función f que defina la equivalencia de un conjunto (correspondencia biunívoca) con uno de sus subconjuntos propios, tal que $\{1, 2, 3, \dots, n\}$ o $\{0, 1, 2, \dots, n-1\}$ si es infinito. En estos últimos, el concepto de “secuencia” ($S_1, S_2, \dots, S_k$) es necesario, de manera que el *orden* de sus elementos (si tiene uno anterior a todos) resulta relevante para determinar un conjunto (“bien ordenado”) en sus operaciones de unión, intersección, inclusión, inclusión propia y complemento.

De aquí se deriva el concepto de “correspondencia biunívoca” (equivalencia una a una) y de “mapeo” (*mapping*) para graficar la simetría de dos conjuntos equivalentes como relación isomorfa (de A en B). De ahí que si un conjunto es equivalente al conjunto N de los números naturales, se llama “enumerable” y la familia de estos conjuntos equipotentes se llama “número cardinal”. Todos sabemos hoy que de dicha noción de equivalencia se siguió una formulación problemática de “número cardinal” que finalmente derivó en las clásicas paradojas de la Teoría de Conjuntos. Por ejemplo, el concepto de conjunto de todos los números cardinales es contradictorio, como también lo es el concepto de familia de todos los conjuntos equivalentes a un conjunto, esto es, la definición que se dio de número cardinal²⁷⁸.

Los esfuerzos por eliminar las paradojas de la teoría intuitiva de conjuntos mediante su axiomatización (teoría abstracta de conjuntos), han sido desde entonces numerosos y hasta cierto punto exitosos. No obstante, no han resultado plenamente satisfactorios, pues “se pierde en cambio, la naturalidad... y se presentan numerosos sistemas de teoría de clases, de elección alternativa, incompatibles unos con otros, cada uno provisto exclusivamente de méritos austeramente pragmáticos”. De ahí que Quine se planteara en los dos capítulos finales de *Palabra y objeto* (1959), la necesidad de “una ontología más

278 Para una demostración sencilla de estas paradojas clásicas de la teoría intuitiva de conjuntos, cf. Seymour Lipschutz; *Teoría de conjuntos y temas afines*. Cali, 1975. McGraw-Hill, cap. 14, pp. 185-186.

laxa”, investigando “nuestras presuposiciones sobre objetos” en la perspectiva de “favorecer una economía ontológica”²⁷⁹.

Teoría virtual de conjuntos

Según Quine, las paradojas se originarían en el nivel profundo de nuestro compromiso ontológico nominalista, que atribuye primacía a los objetos individuales basándose en el dogma de la transparencia de la referencialidad, lo que conduciría a la teoría abstracta de conjuntos a un “dualismo categorial” (admitir la existencia paralela de individuos y clases). Quine se propuso “debilitar el concepto de clase” logrando con ello una ampliación de su propio concepto y consecuentemente una ontología más laxa. Tal programa epistemológico fue el que pretendió realizar en 1963 con su “teoría virtual de clases y relaciones”²⁸⁰, en la que la identidad no es postulada como un axioma, sino que es definida a partir del *principio de sustituibilidad*, según el cual dos sentencias son idénticas cuando uno de sus predicados se puede reemplazar.

Como consecuencia de no postular la identidad por una igualdad sino de definirla por implicación, no se requiere “suponer” la existencia de dos individuos relacionados por un predicado diádico ($x = y$) sino la definición de la identidad como “una clase de relación”, lo cual permite construir una teoría abstracta de conjuntos de primer orden no cuantificada en la que una variable es sólo algo que satisfice (implica) al predicado (Fx), pero no necesariamente presupone su existencia real ($\exists x$) Fx . A partir de esta teoría virtual es posible construir clases reales que asuman variables de cuantificación y con ello derivar posteriormente la existencia de individuos adoptando el *axioma de extensionalidad*, según el cual, “dos clases son las mismas cuando sus miembros son los mismos”²⁸¹.

279 Quine, W.V.O.; *Palabra y objeto*, op. cit., pp. 276-278.

280 Quine, W.V.O.; *Set theory and...*, op. cit., caps. I y II.

281 “ $(x)(x \in y \iff x \in z) \implies y = z$ ”. *Ibid.*, pp. 30.

Pero como este axioma sólo se aplica a clases y no a individuos –dado que éstos carecen de miembros– su enunciado tradicional no sirve para resolver el problema de la “opacidad de la referencia”. De él se puede implicar que en un conjunto haya sólo un individuo o que no haya individuos. Por ello Quine concluye que dicho axioma –tal y como ha sido tradicionalmente formulado– carece de precisión y requiere ser “reformulado”²⁸², ampliándolo más allá de la mera igualdad de los componentes atómicos de un conjunto, de manera que dos conjuntos sean equivalentes no sólo si tienen los mismos elementos, sino también, si pertenecen a la misma clase:

$$(x) (x \in y \equiv x \in z) \cdot y \in \omega \supset z \in \omega \quad ^{283}$$

No obstante, la noción de “partícula cuántica” implica la problematización de dicho axioma, pues requiere una manera distinta de determinar la noción de “pertenencia a un conjunto” que incluya la permutación de las propiedades de un objeto sin perder su identidad. Ello conlleva un examen del concepto de “indistinguibilidad relativa”. Para dicha noción, dos partículas elementales son idénticas si concuerdan en todas sus propiedades intrínsecas y ésta es tomada como la definición de identidad para las partículas elementales²⁸⁴. Por supuesto, “idénticas” no significa que sean el mismo objeto, sino relativamente indistinguibles de sus propiedades intrínsecas. Tal es la noción clásica de partícula, que ahora resulta inaplicable a la descripción de las “entidades cuánticas”.

Axioma de “extensionalidad débil”

Lo que realmente sucede es que el axioma clásico de extensionalidad, conlleva la idea de que las permutaciones de las partículas (clásicas) producen una suerte de naturaleza diferente en la partícula previa a su

282 “...the axiom of extensionality as hitherto formulated loses its content and must be rewritten”. *Ibid.*, p. 34.

283 *Ibid.*, p. 34.

284 French, E.; “A formal framework...”, *op. cit.*, p. 204.

permutación. Así, por ejemplo, si después de una permutación de sus elementos, los conjuntos A y B son tomados como distintos, decimos que están formados por elementos (partículas) clásicos. Pero si después de la permutación de sus elementos, consideramos A y B como los mismos conjuntos, decimos que su permutación “no es observable”, porque sus elementos resultan indistinguibles. Entonces es necesario considerar la naturaleza de sus entidades.

En sentido estricto, sus elementos indistinguibles no pueden ahora ser considerados como “conjuntos” en el sentido usual de la Teoría de Conjuntos Zermello-Frankel, o von Neumann-Bernays-Gödel, pues los conjuntos en estas teorías son colecciones de objetos distintos. Para dichos conjuntos, el PII es aplicable absolutamente, dado que sólo suponen la existencia de sustancias individuales (partículas) como entidades básicas, pero resulta trivial si este no es el caso, y debilitado si existen por lo menos algunas entidades no reducibles a mónadas individuales.

En dicho sentido, surge una suerte de “identidad débil”. En la noción clásica, un objeto cualquiera supone su identidad (partícula). Ahora, la identidad es sólo un caso particular del concepto de entidad en general. En consecuencia, el concepto general de contabilidad se vuelve ambiguo pues los cuasi-conjuntos son contables en el sentido de poseer un cardinal, pero no en el sentido de poseer un ordinal. Al colapsar la individualidad, la identidad individual se torna vaga.

La TQc describe colecciones de objetos (entidades) para los cuales la relación de identidad es, por lo general, separable de una relación primitiva de indistinguibilidad. De ahí que postule dos tipos de Ur- elementos (Ur- elements): Los “M-átomos” (intuitivamente análogos a los macro-objetos) y los “m-átomos” (intuitivamente análogos a los micro-objetos cuánticos). La equivalencia identidad-indistinguibilidad satisface a los primeros. La relación de identidad no satisface a los segundos²⁸⁵.

285 Desde el punto de vista de su interpretación física, tal sería el caso de las descripciones de la teoría cuántica del campo, en un espacio de Fock, libre de atribuciones de partículas individuales. Cf., Landau y Lifshitz; *Curso abreviado de física teórica, op. cit.*, Tomo 2, Cap. VI, “Identidad de las partículas”, pp. 149-163.

Cuasi-cardinales

De lo anteriormente dicho se sigue la noción primitiva (no definida) de “cuasi-cardinal” de un cuasi-conjunto, en la medida que este último no puede ser computado, es decir, que carece de ordinal. Un Qc no es equivalente a un conjunto bien ordenado por estar constituido por objetos indistinguibles. Por ello, no es posible hablar de su identidad (o diversidad) por agregados (*aggregates*) de sus elementos individuales, sino como clases o estados equivalentes (*equivalence classes*) ya que la determinación de sus permutaciones requeriría la contabilidad ordenada (desagregación analítica) de todos y cada uno de sus elementos individuales²⁸⁶.

En consecuencia, es un teorema del sistema cuasi-conjuntista la no-observabilidad de sus permutaciones y éste se refiere a aquellas colecciones en las que no es posible discernir sus elementos como individuos y requiere de una flexibilización del clásico Axioma de extensionalidad, llamado “Axioma débil de extensionalidad” (*Weak axiom of extensionality*), que permite a la TQc la preservación de todos los argumentos matemáticos clásicos, al mismo tiempo que la consideración de conceptos intencionales²⁸⁷.

Vaguedad semántica y ontología difusa

La total disolución de las “*hard and fast lines*” sobre las que se construyó el paradigma metafísico moderno de cientificidad, tuvo una doble suposición. En primer lugar, la suposición lógico-semántica acerca de la posibilidad de construir un lenguaje ideal, universal y

286 “In fact, the elements of $x \equiv$ are classes of indistinguishable elements and, once each class has a quasi-cardinality k_i and $\sum_i k_i = n$ (as is easy to prove), $x \equiv$ plays the role of the effective aggregates in Weyl’s sense. Of course, in these qsets, we can know how many elements there are in each class, but not what elements belong to each one of them.” Krause, Decio; “On a Quasi-set theory”, *op. cit.*, p. 409.

287 Krause, D. y Dalla Chiara; *Some remarks on the axiomatics and on the interpretation of quasi-sets*. Florence University, 1993, preprint. Citado por French, E.; “A formal framework...”, *op. cit.*, p. 207.

transparente, una suerte de "*mathesis universalis*". Ésta fue imaginada desde Ockham, Galileo, Descartes y Leibniz, hasta Frege, Russell, el primer Wittgenstein y Chomsky en el presente siglo. En segundo lugar, la suposición ontológica atomista acerca de la naturaleza del ente como objeto individual en cuanto tal, existencialmente independiente de sus relaciones.

Sobre la base del primer supuesto metafísico se pudo construir una noción semántica de objetividad, a partir de una concepción reduccionista por la cual el significado de un enunciado viene dado por su certidumbre individual ("ideas claras y distintas") mediante la que una proposición expresa (es idéntica a...) una idea o pensamiento de manera directa o independiente de su contexto discursivo. Tal es el caso paradigmático de las "proposiciones atómicas".

Se supone así una matriz semántica bivalente, por la cual una proposición puede ser por sí misma verdadera (idéntica a su imagen mental) o falsa (contradictoria con ella) de una manera aparentemente independiente de su contexto discursivo. En dicho lenguaje, la "vaguedad" o la "incertidumbre" sólo puede ser resultado de la ignorancia o indecisión originadas por un lenguaje impreciso o también llamado "metafórico", formado por predicados "vagos" que no son aplicables a los objetos puntuales físicos o ideales.

Dicha concepción reduccionista del significado implicó, a su vez, una concepción individual de la referencialidad, que supone una "correspondencia biunívoca" (equivalencia una a una), simétrica, reflexiva y transitiva entre dos conjuntos, equivalencia que viene dada por la identidad de la totalidad de sus elementos individuales. Las proposiciones resultan así un *picture* o *mapping* que definen por extensión (axioma de extensionalidad) los individuos atómicos que componen el mundo (la totalidad de sus estados de cosas). En otras palabras, la ontología atomista de la ciencia moderna se encontraba íntimamente ligada con el paradigma de cientificidad moderno que veía el discurso científico como un lenguaje directo y transparente²⁸⁸.

288 Al criticar la "teoría mágica de la referencia" que supone conexiones necesarias entre las representaciones y sus referentes, Putnam ha argumentado con acierto que: "la razón decisiva para sostener que los conceptos no sean representaciones mentales que se re-

La problematización de la validez absoluta del principio leibniziano de identidad de los indiscernibles, significa el cuestionamiento de la aceptación dogmática de la equivalencia entre el principio de Identidad y el principio de Individualidad²⁸⁹. Era en realidad esta aceptación dogmática la que no permitía pensar la existencia de entidades materiales tipo “paquete” (*packages*) analíticamente irreductibles (no determinables individualmente) por tratarse de estructuras relacionales conformadas por propiedades no convergente (*non-supervenient*) que dan lugar a una entidad indeterminada.

La indeterminación cuántica no consiste en una identidad meramente estadística, en el sentido de la teoría clásica de la probabilidad (reducible potencialmente a sus componentes individuales), en la medida que está conformada por propiedades no-convergentes²⁹⁰. Tampoco consiste en una identidad diacrónica, en el sentido de alguna invarianza temporal esencialista que se resiste a las permutaciones. Del mismo modo, no constituye una identidad referida a simetrías ideales (constructos formales) como los vectores de la Mecánica clásica, pues refiere a propiedades intrínsecas (espacio-temporales) de dichas entidades y no a meras correlaciones externas sin interpretación física. En

fieran intrínsecamente a las cosas, es que ni tan siquiera son representaciones mentales. Los conceptos son símbolos que se usan de cierto modo; los símbolos pueden ser... entidades mentales o físicas, pero... el propio símbolo, con independencia de su uso, no es el concepto. Y los símbolos no se refieren de por sí intrínsecamente a ninguna cosa (...) esto demuestra, de paso, que la determinación de la referencia es social y no individual”. Putnam, H.; *Razón, verdad e...*, *op. cit.*, pp. 30-31.

289 “El principio de individuación equivale en los individuos al principio de distinción que acabo de mencionar. Si dos individuos fuesen perfectamente semejantes, iguales, y en una palabra, indistinguibles por sí mismos, no habría principio de individuación... no habría distinción individual o individuos...” Leibniz; *Nuevos ensayos sobre...*, *op. cit.*, Lib. II, cap. XXVII, p. 268.

290 “...los resultados del Teorema de Bell parecen indicar, antes bien, que no es plausible un entendimiento de la mecánica cuántica como una teoría estadística sobreimpuesta a una teoría de variables ocultas local subyacente.” Sklar, Lawrence; *Filosofía de la física*. Madrid, 1992, Alianza Editorial, p. 320. La formulación original del Teorema de Bell puede encontrarse en: Bell, J.S.; “On the Einstein, Podolsky, Rosen paradox”, *Physics*, nov/dic. 1964, vol. 1, Nº3, pp. 195-200. Así mismo, una visión actualizada y con respaldo experimental de dicho teorema, puede encontrarse en d’Espagnat, Bernard; “Teoría cuántica y realidad”, *op. cit.*, pp. 80-95.

otras palabras, se trata de una *indeterminación óptica* que refiere a relaciones inherentes (*inherent relations*) de naturaleza no-convergente (*non-supervenient relations*) que conforman estas entidades²⁹¹.

¿Cambio de paradigma?

En otras palabras, la vaguedad (opacidad) o certidumbre (claridad y distinción) de nuestros enunciados, su verdad, falsedad y objetividad, no dependen sólo de criterios lógico-semánticos, sino también de los “compromisos” ontológicos que establecemos previamente al discurso científico.

En el paradigma analítico de científicidad asumido por la Física moderna, por ejemplo, carecía de sentido alguno hablar de “objetos vagos” realmente existentes, pues su compromiso ontológico los presuponía individualmente determinables en principio. Dicho compromiso metafísico fue tal vez el origen de la gran resistencia que ha existido no sólo frente a los principios, sino sobre todo a la interpretación física de la teoría cuántica, pues aceptar la existencia de entidades genuinamente “vagas” sólo era atribuible a la ignorancia (existencia de “parámetros ocultos”) o a la vaguedad “metafórica” (imprecisa) del lenguaje coloquial.

Pero si problematizamos este contexto gnoseológico y ontológico objetualista sobre el que se construyó el paradigma metafísico moderno de científicidad (como una relación sujeto-objeto) y el dogma de su correspondencia biunívoca (que supone un lenguaje transparente y una concepción reduccionista del significado) por un contexto pragmático intersubjetivo de comunicación (como relación socio-cultural), la noción de vaguedad y certidumbre lingüística variarían radicalmente.

291 Parafraseando a Putnam, se podría decir incluso en términos generales, que aún si operamos un “constreñimiento operacional” que intentara fijar las intenciones y extensiones de los términos individuales, fijando las condiciones de verdad de las oraciones completas de un lenguaje en cada mundo posible, la referencia de los términos individuales permanecería indeterminada. Cf. Putnam, H.; *Razón, verdad e...*, op. cit., p. 44.

De hecho, esta problematización condujo recientemente a Newton da Costa, en asociación con el lógico matemático chileno R. Chuaqui, a retomar el cálculo proposicional discursivo que formulara por primera vez en 1948 el lógico polaco S. Jaskowski (a sugerencia de Lukasiewicz), cuya pretensión fue construir un sistema que reuniera en un solo discurso (o teoría) todas las afirmaciones hechas en una discusión, en el sentido de que los términos usados no tienen un uso unívoco sino que incluyen proposiciones contradictorias, tal como sucede realmente en la evolución de un diálogo entre distintos participantes, o en la evolución significativa del discurso de un solo participante en momentos distintos, sin caer en la trivialización del discurso.

No obstante, Jaskowski no logró axiomatizar su cálculo proposicional. “Tan solo lo definió por intermedio de una interpretación en el sistema modal S5 de Lewis. No fue sino hasta varios años después que su sistema fue axiomatizado en da Costa y Dubikajts (1968 y 1977) y extendido a un cálculo de predicados de primer orden y de orden superior... Hoy en día la lógica discursiva está bien desarrollada y ha encontrado numerosas aplicaciones; por ejemplo, es la lógica subyacente de una nueva conceptualización de verdad pragmática, como se demuestra en da Costa y Chuaqui (1986²⁹²). Se puede constatar fácilmente que la lógica discursiva también puede ser interpretada como una lógica de la vaguedad”²⁹³.

Con ello, la línea semántica de demarcación entre metáfora y descripción (o entre “predicados vagos” y “predicados descriptivos” de Frege²⁹⁴) perdería la cartesiana “claridad y distinción” reduccionista que hasta hoy ha tenido. Esta situación podría poner en cuestión prognosis escépticas respecto a la imposibilidad de superar la disyuntiva existente entre las dos principales tradiciones de la filosofía con-

292 Cf. al respecto, da Costa, N.; Bueno, O. y French, S.; “The Logic of pragmatic truth” en *Journal of Philosophical Logic*, Netherlands, 1998, 27, pp. 603-620.

293 da Costa, N. y Lewin, R.A.; “Lógica paraconsistente”, en *Enciclopedia...*, op. cit., p. 190.

294 Cf. “Sentido y denotación de las palabras de concepto” (1892-95), en Frege, G.; *Siete escritos sobre lógica y semántica*. Santiago, 1972, Universidad Católica de Valparaíso-Chile, (traducción de A. Gómez-Lobo), pp. 77-86.

temporánea: la llamada tradición científicista analítica (Frege, Russell, Wittgenstein, Carnap, etc.) y la tradición metafísica nihilista (que va de Nietzsche a Heidegger y Derrida)²⁹⁵.

Ello no implica la afirmación escéptica de ausencia de toda *episteme*, ni la pérdida de toda noción de objetividad —como en general la arbitrariedad del signo lingüístico no conlleva la trivialidad de todo lenguaje—, sino más bien la perspectiva de operacionalizar un paradigma rigurosamente más amplio de científicidad que el que nos proporcionaban las estrechas y dogmáticas nociones del paradigma metafísico representacionista moderno (mecánico-analítico) de científicidad, verdad, objetividad, identidad y referencia. Un paradigma más apropiado para determinar situaciones y entidades (análogas a las de tipo cuántico), fundado en un enfoque relacional y metafísico más amplio²⁹⁶.

Lo dicho tampoco sugiere que la concepción semántica de verdad, significado y referencia por correspondencia sea en un sentido grueso “errónea”, sino que más bien implica un gran número de sistemas o paradigmas alternativos a la hora de aproximarnos a los detalles —y en los detalles está el diablo— sin que podamos atribuir a alguno en particular un lugar divinamente privilegiado. En realidad, los universales paradigmáticos son sólo modos de agrupar, relacionar, diferenciar e identificar “entidades” que un metafísico realista tradicional concibe como conjuntos cerrados y bien definidos, porque su propia noción de

295 “La tradición analítica considera la metáfora como una distracción de la realidad, mientras que la tradición no analítica la considera como una forma de escapar a la ilusión de que existe semejante realidad. Tengo la impresión de que estas tradiciones subsistirán indefinidamente una al lado de la otra. No puedo ver posibilidad alguna de compromiso...” Rorty, Richard; *Ensayos sobre Heidegger y otros pensadores contemporáneos. Escritos filosóficos 2*. Barcelona, 1993, Paidós, p. 42.

296 “He estado durante mucho tiempo convencido de que muchos enfoques semánticos alternativos, que empleaban por ejemplo lógicas modales, semánticas de los mundos posibles o la cuantificación substitucional, no tenían cabida en una teoría que cumpliera las exigencias de la convención T. Ahora sé que esto era precipitado. La convención T no decide tanto como yo pensaba y hay abiertas más posibilidades de teorización interesantes que las que yo había concebido”. Davidson, Donald; *Inquiries into truth and interpretation*, 1984, Oxford University Press, pp. XV-XVI (traducción nuestra).

certidumbre no admite dogmáticamente la legitimidad de predicados “vagos” ni la “opacidad de la referencia”.

Objetar dicho dogmatismo no es, sin embargo, lo mismo que decir que “no existen” entidades materiales. Quiere decir que nuestros criterios de aceptabilidad racional versan no sólo sobre el entorno del enunciador, sino también sobre su relación con ese entorno y que, por tanto, ellos dependen en última instancia del conglomerado de formas de vida que constituye nuestra herencia histórico-cultural. Esto únicamente resulta paradójico para quien concibe la actividad cognitiva como una relación mágico-naturalista, transparente y directa (sujeto-objeto) y el texto científico como un “texto sagrado” y no un producto cultural, es decir, como algo mucho menos pragmático de lo que en realidad es.

La idea de un espejo de la naturaleza totalmente limpio es la idea de un espejo que no podría distinguirse de lo que se ha reflejado y, por tanto, no sería un espejo en absoluto. La idea de un ser humano cuya mente es ese espejo limpio, y que sabe esto, es la imagen, como dice Sartre, de Dios... en vez de limitarse a continuar la conversación —buscar una forma de hacer innecesaria una nueva redesccripción encontrando una forma de reducir todas las posibles descripciones a una— es intentar escapar de la condición de hombre²⁹⁷.

De igual manera, la llamada “inconmensurabilidad de los paradigmas” podría entenderse no en un sentido relativista anárquico (“ningún paradigma es verdadero”) aparentemente opuesto a un criterio dogmático (“sólo uno es verdadero”)²⁹⁸, sino en el sentido de

297 Rorty, R.; *La filosofía y el espejo...*, op. cit., p. 340.

298 En realidad, ambas imágenes constituyen dos caras extremas de un paradigma representacionista del conocimiento y la verdad que Derrida ha descrito irónicamente como el “sueño nuclear de la filosofía”, esto es, el sueño que recorrería el largo camino desde el poema de Parménides hasta la “comunidad ideal de comunicación” de Apel por encontrar la metáfora privilegiada de la representación (condición de posibilidad de toda otra representación) situada en una superesfera última, desde la cual sería posible hablar y juzgar a todas las demás y a sí misma, sin que nada escape a su inteligibilidad. Una representación última, sin presencia ni ausencia, sin historia ni causa.

que el significado, la referencia y la verdad tienen muchos sistemas alternativos de formulación y que quizás el progreso del conocimiento humano no reside en la búsqueda teleológica de algún paradigma privilegiado, o "clase última" (Quine), o "vocabulario final" (Rorty), que concluya el diálogo, sino en la mayor acumulación dialéctica de puntos de vista que cada uno de ellos incorpore a la conversación... y permita seguir no sólo conversando, sino renovando nuestra acción.

IX

Conclusiones

*“La acusación de metafísico ha llegado a ser en filosofía,
como la acusación de ser un riesgo para la seguridad
en el servicio público.”*

BERTRAND RUSSELL

*“Los hombres prácticos que se creen exentos por
completo de cualquier influencia intelectual, son
generalmente esclavos de algún economista difunto...”*

J.M. KEYNES

LA MISMA CRÍTICA QUE KEYNES DIRIGIÓ A LOS ECONOMISTAS vale para los científicos que no reflexionan sobre sus profundos compromisos metafísicos, para que no sean esclavos de alguna metafísica difunta pensando que son “independientes” o “científicos puramente prácticos” sin “compromisos metafísicos”.

Uno de los más grandes retos enfrentados por el desarrollo de la Física contemporánea ha sido —como hemos visto— construir un lenguaje (interpretación física y estructura formal) que, manteniendo la continuidad operacional de las nociones clásicas, vaya más allá de ellas, al punto en que éstas resulten sólo un caso particular de las nuevas teorías. Sin embargo, las contradicciones han desbordado la tarea:

1. La ecuación de onda clásica que definía las ondas sonoras o electromagnéticas continuas está, en cierto modo, en contradicción con las ondas cuánticas de probabilidad que describe la ecuación de onda de Schrödinger. Pero a su vez, ésta expresa una ley más general acerca de todo movimiento posible de las micropartículas en el espa-

cio y el tiempo, donde la ecuación de onda clásica no es sino un caso particular²⁹⁹.

2. La relación de Indeterminación de Heisenberg entra, en cierto grado, en contradicción con el criterio clásico de la “determinación exacta de las coordenadas y velocidades” de un objeto en movimiento pero, a la vez, este criterio mecánico determinista no constituye sino un caso limitado de aproximación al movimiento de un cuerpo en el espacio y el tiempo³⁰⁰.

3. Igualmente, las leyes clásicas de conservación de la materia y de conservación de la energía son, en cierto modo, negadas por las leyes cuántico-relativistas de conservación, pero a la vez son —también en cierto sentido— incluidas como un caso limitado de las segundas allí donde la transformación de la materia en campo y viceversa puede considerarse despreciable³⁰¹.

299 Esta posición se basa en la radical diferencia metodológica que existe entre las “antiguas estadísticas clásicas o de Boltzmann” que utiliza la teoría ondulatoria de la electrodinámica clásica y la “estadística de Bose-Einstein” o “la de Fermi-Dirac cuya expresión más clara se halla en el principio de exclusión de Pauli”. Según Schrödinger, el núcleo de la diferencia reside en que “el verdadero comportamiento estadístico de los electrones no puede representarse mediante ningún símil que los represente como *cosas* identificables”. Cf. Schrödinger, Erwin; *¿Qué es una ley...?*, op. cit., pp. 181-185.

300 La incertidumbre cuántica y su oposición al determinismo mecanicista no tiene, por supuesto, nada que ver con la igualación que vulgarmente se le hace con el “azar” o con la falta de toda legalidad científica y las interpretaciones subjetivistas de la ciencia. El indeterminismo cuántico es, en todo caso, un probabilismo objetivista. En tal sentido, me parece adecuada por su simplicidad la definición propuesta por Mario Bunge para precisar las condiciones de todo determinismo científico: “a) legalidad (‘todo evento es legal, ninguno es caótico’), y b) transformacionismo o principio de no-magia (‘nada sale de la nada y nada termina en nada: toda cosa y todo estado de una cosa tiene precursores y deja descendientes’). Si se acepta esta definición de ‘determinismo’, puede probarse que la mecánica cuántica es determinista, aunque no plenamente causal. Con más precisión, puede defenderse (Bunge 1977) que la mecánica cuántica es medio estocástica y medio causal”. Mario Bunge; *Controversias en física*, op. cit., pp. 119-120.

301 “El nuevo esquema de clasificación explora las propiedades que tiene la naturaleza de conservar muchas magnitudes... y de mostrar diversas simetrías (...) algunas leyes de conservación *parecen* ser universales: las cumplen las cuatro interacciones fundamentales... la conservación de la energía, del momento lineal, del momento angular... de la carga eléctrica... Simetría especular... que rige entre partículas y antipartículas...” Chew, Gellmann y Rosenfeld; “Partículas con interacción...”, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., pp. 18-19.

4. Subsiguientemente, para poder definir las transformaciones mutuas de las partículas y de los cuantos, la Física cuántica relativista tuvo que introducir la representación de los “procesos virtuales”, dándoles una realidad física que en cierto modo contradecía todo criterio clásico para determinar la realidad ontológica de un proceso físico³⁰².

Ahora, la noción de la existencia misma de una “partícula” está ligada indisolublemente a sus interacciones. La masa positiva e invariante es hoy sólo un criterio limitado para establecer la existencia de un objeto físico. Todo esto revela, en suma, que se ha producido un profundo cambio no sólo en las leyes de conservación sino también en el compromiso ontológico³⁰³.

5. Los más grandes éxitos de la Física cuántica se han dado por ello en la capacidad de formular un lenguaje que describa las interacciones entre materia y campo en el nivel de las interacciones electrodinámicas. Pero esto es sólo una de las cuatro interacciones básicas conocidas. La Física cuántica ha encontrado graves dificultades para formular un lenguaje adecuado para la descripción de las “Interacciones Fuertes” (IF), donde no existe hasta ahora una teoría completamente satisfactoria. Y lo mismo puede decirse del nivel de las Interacciones Débiles (ID) y de las Interacciones Gravitatorias (IG), es decir, en tres de los cuatro grupos de interacciones básicas conocidas.

Algunos físicos como Steven Weinberg (Premio Nóbel 1979) se sienten incluso tentados a hablar de “paradojas”³⁰⁴ de la Física cuántica, emergidas del esfuerzo por generalizar a partir de ésta una teoría unificada de las interacciones entre partículas elementales. Dichas paradojas surgen primero bajo la forma de infinitos y luego

302 “Los admirables resultados de la mecánica clásica sugieren la conjetura de que... todos los fenómenos pueden explicarse por la acción de fuerzas de atracción o repulsión, la cual depende únicamente de la distancia y obra entre partículas invariables”. Albert Einstein y L. Infeld; *La física, aventura...*, op. cit., p. 81.

303 Cf. H.W. Kendall y W.K.H. Panofsky; *Estructura del protón...*, op. cit., pp- 58-59.

304 Steven Weinberg; “Teorías unificadas de las interacciones entre partículas elementales”, en *Scientific American*, julio de 1974, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 71.

en abiertas contradicciones, al parecer originadas por los supuestos atomistas que todavía subyacen en la interpretación física de la teoría cuántica.

Por un lado, la hipótesis de un alcance infinito de las interacciones electromagnéticas y gravitatorias supone partículas de masa cero (el fotón y el gravitón) indetectables pero paradójicamente capaces de ejercer acción sobre masas inmensas como las planetarias³⁰⁵. Por otro lado, resulta que las interacciones débiles se basan en suponer partículas muy pesadas (bosones) que, de manera igualmente paradójica, han resultado prácticamente indetectables (¿como en el viejo éter luminoso de Huygens?)³⁰⁶.

Weinberg —siguiendo posiblemente la línea de investigación iniciada por Heisenberg— ha sugerido en 1974 como posible solución de las paradojas que se presentan en la teoría unificada, un abandono categorial completo del atomismo mediante la construcción de —al menos en el grupo de las interacciones débiles y electromagnéticas— un “grupo de simetría de aforo rota”³⁰⁷ capaz de renormalizar los infinitos de la teoría cuántica del campo.

6. Desde el punto de vista de la estructura formal, el desarrollo de la física de las partículas elementales —sea a través del método de *matrices de dispersión* o de la *teoría no local de interacciones*—, ha planteado profundos cambios de compromiso ontológico y consecuentemente parece sugerir profundas reconsideraciones de la estructura lógica del lenguaje científico que describe las nuevas entidades³⁰⁸.

En efecto, los conceptos y leyes sobre entidades de la Teoría Cuántica tratan de describir *procesos* y *transformaciones* que se ope-

305 *Ibid.*, pp. 67-69.

306 *Ibid.*, pp. 67, 70 y 71. Ver también el artículo de Kline, Mann y Rubbia, “Detección de las...”, reproducido en *Partículas elementales...*, *op. cit.*, pp. 78-79.

307 Steven Weinberg; “Teorías unificadas...”, *op. cit.*, pp. 72-74.

308 Esta no es, por supuesto, una sugerencia descabellada, ni sería la primera vez en la historia de una ciencia fáctica que la evolución de sus compromisos ontológicos exige una evolución paralela de la lógica: “La posición de Aristóteles en materia de lógica, en el sentido de que toda proposición es reducible a la forma sujeto-predicado, tiene como pa-

ran en el *tiempo*³⁰⁹. Dicha asociación sólo es posible mediante métodos matemáticos en los que no rigen principios clásicos como la *conmutabilidad* (las matrices no son conmutables) o la *reversibilidad de las ecuaciones*. En ellos el carácter probabilístico de los cálculos admite resultados mucho más amplios que los que admite una lógica bivalente clásica. El aparato formal de la Física cuántica ha visto rebasados los límites que imponía al razonamiento científico la estructura lógica clásica del discurso demostrativo. Los Principios Lógicos, las Reglas de Inferencia de la Lógica y la Matemática, han sido puestos en cuestión en sus niveles más básicos³¹⁰.

7. Esta necesidad de un desarrollo de la lógica sugiere que se incluya en su estructura principios, postulados y reglas de inferencia referentes a *variaciones temporales* que en algún sentido limiten o “debiliten” el alcance de clásicos principios como el de identidad, contradicción o tercio excluso, así como la inclusión de *operadores cualitativos* o modales en las cadenas cuantitativas de razonamientos. Esto ha constituido la preocupación no sólo de científicos directamente vinculados a las ciencias fácticas, sino de ló-

ralelo su doctrina metafísica que afirma que el mundo consta de sustancias con atributos. La posición lógica más radical de Leibniz, de que el predicado de toda proposición está ‘contenido’ en el sujeto, tiene como paralelo, por su parte, la célebre doctrina metafísica según la cual el mundo consta de sujetos contenidos en sí mismos, esto es, sustancias o mónadas que no actúan entre sí”. Stephan Körner; *Introducción a la filosofía de la matemática*. México, 1974, Siglo XXI, cap. I, p. 20.

309 “... el átomo de hidrógeno no consta exactamente de un protón y un electrón. Hablaremos con precisión si decimos que tiene tal composición la *mayor parte* del tiempo”. Chew, Hellman y Rosenfeld; “Partículas con interacción...”, reproducido en *Partículas elementales...*, op. cit., p. 29.

310 Incluso alguien que ha manifestado una recurrente resistencia a todas las propuestas de “lógicas divergentes” como Quine, ha admitido la indudable legitimidad del problema: “El ataque siguiente al principio de tercio excluso procedió de la física, se trata del paradójico principio de indeterminación de la mecánica cuántica, el principio de Heisenberg. Hay magnitudes que es imposible averiguar simultáneamente, y esa imposibilidad no es un mero asunto de la limitación humana, sino una ley física (...) Doy un poco más de importancia a las pretensiones de la física... porque no concibo más justificación de la matemática que su aportación a nuestra ciencia integral de la naturaleza”. Así mismo, “Las divergencias en la lógica de la cuantificación tienen importancia para la ontología, para la cuestión de qué hay”. Quine, W.V.O.; *Filosofía de la...*, op. cit., pp. 147 y 151.

gicos y matemáticos puros, y de filósofos e historiadores de la ciencia³¹¹.

En el terreno de la filosofía de la ciencia, incluso dentro de los más rígidos defensores del positivismo lógico contemporáneo, esta necesidad se hizo presente. Ya a principios de los años sesenta Rudolf Carnap se hacía la pregunta, no sin una razonable desconfianza: "¿Debe ser modificado el lenguaje de la Física para adecuarse a las relaciones de incertidumbre? Si es así, ¿de qué manera?"³¹².

Phillip Frank, filósofo positivista y ex-profesor de física en Praga, y su discípulo Martin Strauss, sugirieron un cambio en el tipo de lógica utilizado en la Física, modificando las propias *reglas de formación* del lenguaje físico. Los matemáticos G. Birkhoff y John von Neumann vieron desde el principio (1936) la necesidad de un cambio en las reglas de transformación de la lógica clásica, particularmente el abandono de una de las leyes distributivas de la lógica proposicional³¹³. Hans Reichenbach propuso el reemplazo de la lógica tradicional bivalente por la *lógica trivalente*³¹⁴.

311 Ya en 1910 Łukasiewicz —e independientemente de él el ruso N.A. Vasilèv— usó matrices veritativas para introducir una lógica trivalente. En 1922, con el mismo procedimiento, introdujo las lógicas *n*-valentes. En 1930 Łukasiewicz y Tarski propusieron generalizar el método de las matrices para todo tipo de lógicas conectivas. En 1931 Kurt Gödel probó —mediante una matriz con infinitos valores veritativos— que era posible llevar a cabo pruebas de independencia axiomática de fórmulas conectivas. Paralelamente, y en forma independiente, los matemáticos soviéticos Kolmogorov (en 1925) y Glivenko (en 1929) probaron que era posible traducir e incluir la lógica clásica como un caso particular o "reducido" de la lógica conectiva intuicionista. Kurt Gödel, en una ponencia presentada en 1932 en el Coloquio Matemático de Viena, fue más allá y probó no sólo que "el cálculo conectivo clásico es un subsistema del intuicionista", sino —lo que fue más sorprendente— que "algo análogo ocurre con la totalidad de la aritmética y la teoría de los números". Cf. Kurt Gödel; *Obras completas*, Madrid, 1981, Alianza Universidad, traducción de Jesús Mosterín, pp. 107-108, y 110-111, y pp. 120-126.

312 Rudolf Carnap; *Fundamentación lógica de la Física*. Buenos Aires, 1969, Ed. Sudamericana, p. 384.

313 G. Birkhoff y V. von Neumann; "The logic of quantum mechanics", en *Annals of Mathematics* 37 (1936), pp. 823-43. Una visión más moderada en este asunto, la expone el argentino Carlos Lungarzo; "Modelos para teorías lógico-cuánticas", en *Antología de la lógica en América Latina*. Madrid, 1988, F.B.E.-U.C.V., pp. 523-551.

314 Hans Reichenbach; *Philosophical foundations of quantum mechanics*. Berkeley, University of California Press, 1944. Ver también del mismo autor *El sentido del tiempo*.

En los años setenta, los físicos soviéticos V.A. Fok y O. Omelianovsky³¹⁵ vieron en el desarrollo de las dualidades corpuscular-ondulatoria de las partículas atómicas, la necesidad de introducir la idea de *contradicción dialéctica*, idea que de manera independiente y en términos puramente formales ha sido explorada y desarrollada por el brasileño Newton da Costa (y su escuela) y el australiano Routley en los años setenta y ochenta³¹⁶.

Las implicancias filosóficas y culturales del desarrollo de la llamada "lógica paraconsistente" han sido agudamente señaladas por la lógico-matemática brasileña Ayda I. Arruda:

La creación de las geometrías no euclidianas fue uno de los más importantes pasos en la evolución del pensamiento humano. Dejando de lado su relevancia como disciplinas matemáticas nuevas, ellas tienen un significado filosófico. En efecto, tras su descubrimiento, entendemos mejor el significado de algunos conceptos fundamentales de la ciencia... Creemos que lo mismo pasa en relación a la lógica paraconsistente... de importancia básica para entender el *verdadero significado de la logicidad* (...) La verdad de esto se demuestra por el hecho de que las lógicas paraconsistentes están íntimamente conectadas con otras ramas de la lógica y las matemáticas; por ejemplo, con la lógica relevante y la lógica intuicionista, con la lógica polivalente, con el álgebra y la topología... De esta manera, *la lógica paraconsistente tiene raíces* no sólo en la tradi-

México, 1959, UNAM: "Una interpretación en función de una lógica trivalente, que ya he propuesto, parece ser preferible porque permite la inclusión de los interferenómenos..." (p. 310).

315 M.E. Omeliaowsky; *Dialectics in modern physics*. Moscow, 1979, Progress Publishers, 384 pp. Ver también del mismo autor, *Problemas filosóficos de la mecánica cuántica*. México, 1960, UNAM, cap. V, pp. 219-269.

316 Newton da Costa, "On the theory of...", *op. cit.*, pp. 497-509, particularmente la Conclusión 6 (p. 508). Ver también, Jean Louis Gardies; *Lógica del tiempo* (reseña sobre los trabajos del polaco Rogowsky). Madrid, 1979, Ed. Paraninfo. Así mismo, ver el trabajo de Ayda I. Arruda; "Panorama de la lógica paraconsistente", que constituye un primer intento por sistematizar el estado actual de desarrollo de la lógica paraconsistente, en *Antología de la lógica...*, *op. cit.*, pp. 157-198.

ción cultural sino también raíces profundas en la lógica y las matemáticas...³¹⁷.

En otras palabras, el desarrollo histórico de la Mecánica cuántica y la Teoría de la Relatividad ha desbordado ampliamente y de manera simultánea los *principios lógicos*, las *reglas de inferencia* y el *compromiso ontológico* que ordenaban la estructura del discurso científico demostrativo de la modernidad.

8. En última instancia, pareciera que los cambios operados en la Física contemporánea no constituyen un hecho teórico aislado, sino un aspecto de cambios culturales más amplios que se vienen produciendo debido al agotamiento de todo un paradigma metafísico histórico-cultural (el atomismo) sobre el que se construyó socialmente la imagen moderno-europea, no sólo de la naturaleza sino también de la sociedad (la Economía Política clásica por ejemplo)³¹⁸.

Dicho cambio científico sugiere no sólo un agotamiento sino quizá hasta una revolución en marcha de nuestras propias relaciones con la naturaleza y con los hombres mismos (relaciones sociales), actualmente muy diferentes a las que se dieron en los comienzos de

317 Ayda I. Arruda, "Panorama de la...", *op. cit.*, pp. 170-171.

318 En *La riqueza de las naciones* Adam Smith presentaba la sociedad como si fuera un conglomerado atómico de individuos por naturaleza egoístas, donde las relaciones sociales eran una superestructura asentada sobre las conveniencias personales de cada individuo natural: "en casi todas las demás castas de animales cada individuo de la especie, luego que llega a un estado de madurez, principia a vivir en uno de entera independencia, y en este *estado natural*, puede decirse que en cierto modo no tiene necesidad de otra criatura viviente". Como consecuencia de esta "base natural" resulta que las relaciones sociales más sólidas serán aquellas que se basen no en criterios metafísicos o sobrenaturales, sino en una ética individualista que asume el egoísmo humano como el punto de partida natural y empíricamente más evidente: "No de la benevolencia del carnicero, del vinatero, del panadero, sino de sus miras al interés propio es de quien esperamos y debemos esperar nuestro alimento. No imploramos su humanidad, sino acudimos a su amor propio; nunca les hablamos de nuestras necesidades sino de sus ventajas." Adam Smith, *Investigación de la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones*, Orbis S.A., Barcelona, 1983, tomo I, p. 58. En un trabajo reciente Mario Bunge ha atacado duramente los presupuestos on-

la modernidad europea, entre los siglos XVI y XIX. Una relación menos objetualista y manipuladora con la naturaleza³¹⁹ y una reducción de “la conducta puramente atomística de los hombres en su pro-

tológicos atomistas de la teoría económica neoliberal: “Los agentes económicos no son como partículas que se mueven en el vacío, sino más bien como burbujas de aire en un líquido: poseen algunos de sus atributos en virtud de ser componentes de un sistema social. En consecuencia, es falso que todos los enunciados generales de la microeconomía ‘se refieren a lo que aparentan, a saber, individuos’ (Rosenberg, 1976, p. 45). Tan sólo la (pseudo) psicología que subyace a la llamada ‘teoría del consumidor’ se refiere a individuos (que actúan en el llamado mercado libre)”. Mario Bunge; *Economía y filosofía*, op. cit., p. 24.

319 E. Schrödinger ha hecho una aguda reflexión acerca de este problema. Para él, la crisis de la metafísica atomista ha puesto también en crisis nuestra noción de objeto físico o material y ha logrado arrastrar con ella nuestra imagen objetivista de la naturaleza, imagen reificada y fetichista que atribuimos a la “naturaleza en sí”, pero que en realidad sólo reflejaba nuestra relación social con la naturaleza y, por tanto, sólo un tipo de racionalidad histórico-cultural. La pérdida del “objetivismo” y del “determinismo” aparece entonces como una “pérdida” o “reducción” de nuestro conocimiento científico, cuando en realidad entramos a una comprensión más amplia de nuestra práctica social y de la racionalidad que la refleja: “esta obligada renuncia a una descripción puramente objetiva de la naturaleza es considerada hoy por la mayoría como una profunda transformación del concepto físico del mundo. Parece una dolorosa reducción de nuestra aspiración a la verdad y a la claridad... pero en el fondo ¿no es esta relación la única verdadera realidad que conocemos?”. Ernest Schrödinger; ¿Qué es una ley...?, op. cit., p. 37. Al respecto ver también Werner Heisenberg; *La imagen de la naturaleza en la física actual*. Barcelona, 1969, Seix Barral: “La imagen de la naturaleza propia de la ciencia natural exacta... no lo es en último análisis de la naturaleza en sí, se trata de una imagen de nuestra relación con la naturaleza” (p. 29). Pero la crisis de la noción objetivista de la naturaleza sugiere no sólo un cambio gnoseológico, como plantean Schrödinger y Heisenberg; sino también un cambio de aquel apotegma con el que Bacon inauguró la relación moderna entre el saber humano y la naturaleza: “saber es poder”, paradigma de conocimiento manipulador con el que todavía Bertrand Russell en 1925 identificaba naturaleza con objeto manipulable, análogo a un objeto mercantil, cuya simbólica unidad abstracta o “mínima substancia” sería el átomo o la partícula elemental: “...el carácter abstracto de nuestro conocimiento físico puede parecer poco satisfactorio... pero... la abstracción, a pesar de su dificultad, es la fuente de poder práctico. Un financista, cuyos tratos con el mundo son más abstractos que los de cualquier otro hombre ‘práctico’, es también más poderoso que cualquier hombre práctico. Puede tratar en trigo o algodón sin necesidad siquiera de haberlos visto: todo lo que necesita saber es si subirán o bajarán. Tal es el conocimiento matemático abstracto... De modo semejante, el físico que no conoce nada de la materia a excepción de ciertas leyes de sus movimientos, conoce no obstante lo suficiente para permitirle su manipulación”. Bertrand Russell; *El ABC de la...*, op. cit., p. 185.

ceso social de producción”³²⁰ que lo haga menos depredador en su racionalidad natural y menos opresivo en su racionalidad social que la conducta atomista que heredó de la modernidad burguesa europea. Esto es, por supuesto, no sólo una interpretación sino también una expectativa.

320 Karl Marx; *El capital*, op. cit., tomo I, p. 55.

SEGUNDA PARTE

EL DEBATE FILOSÓFICO

SECOND PART
(LITERATURE)

X

Sustentación³²¹

"Se dice a menudo que es preciso experimentar sin ideas preconcebidas. Eso no es posible;... sería volver estéril toda experiencia... Cada uno lleva consigo su concepción del mundo, de la cual no puede deshacerse tan fácilmente. Es indispensable, por ejemplo, que nos sirvamos del lenguaje, y nuestro lenguaje está formado de ideas preconcebidas...

Solamente que son ideas preconcebidas inconscientes, mil veces más peligrosas que las otras. Nos dirán que si hacemos intervenir otras ideas de las cuales tengamos plena consciencia, no haremos más que agravar el mal. No lo creo, estimo más bien que ellas se servirán mutuamente de contrapeso... nos obligarán a examinar las cosas bajo aspectos diferentes. Eso es suficiente para libertarnos; se deja de ser esclavo cuando se puede elegir maestro."

HENRI POINCARÉ

VOY A DIVIDIR MI SUSTENTACIÓN EN DOS PARTES. Primero expondré resumidamente los principales planteamientos que voy a defender. Distinguiré los que me propongo demostrar de aquellos otros que sólo pretendo sugerir. No por el hecho de que estos últimos sean menos importantes, sino precisamente porque su evidencia requiere un trabajo demostrativo en un contexto cultural más amplio que el que abarca el presente libro. Finalizaré esta primera parte comentando algunas de las conclusiones.

Una segunda parte la dedicaré a intentar una respuesta a algunas de las observaciones críticas hechas por escrito por miembros del jurado informante que no he podido incluir en la primera parte de este libro, en unos casos por obvias diferencias filosóficas, en otros,

321 El presente texto fue leído el 7 de agosto de 1995 en la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la UNMSM, como parte de la sustentación pública de mi tesis de Maestría, la que constituye una parte del material originario del presente libro. En esta ocasión lo reproduzco con algunas modificaciones.

simplemente por falta de tiempo, dado que se trata de observaciones profundas referidas a cuestiones de fundamentos filosóficos que mi tesis supone implícitamente pero que no fueron tematizadas por razones de pertinencia demostrativa.

La presente tesis tiene tres planteamientos que me propongo demostrar:

1. Existe una imagen muy popular que ve a la Física como irreconciliable adversaria experimental de la especulación metafísica. Esta imagen suele basarse en la ingenua pretensión newtoniana de que las ciencias naturales empíricas sólo constituyen estructuras discursivas formales (matemáticas) para correlacionar fenómenos experimentales, a los que se denomina "hechos". Ella resultaría por tanto independiente y ajena a cualquier compromiso ontológico de naturaleza metafísico-especulativa.

En contra de dicha creencia, sostengo que la Física moderna (mal llamada "clásica") o "newtoniana" estuvo íntimamente asociada con un determinado modelo metafísico sobre la naturaleza: el modelo metafísico atomista.

Dicho modelo no sólo es anterior en términos históricos a la Física moderna, sino que también lo es en términos epistemológicos en la medida que no es en modo alguno inferible experimentalmente. Como bien decía Hegel: "ni los átomos ni el vacío que suponen, son cosas de la experiencia"³²².

La concepción atomista de la naturaleza, sugiere una ontología objetualista del mundo como un todo y una concepción instrumental de la racionalidad humana. Ambas entidades constituyen un constructo conceptual de naturaleza cultural, pero al "cosificarse" aparecen como fetiches independientes ("objetivas") de toda intersubjetividad cultural humana, como si fueran "objetos externos de nuestra experiencia" y no creación de ella, e inversamente, como si nuestra representación de ellos fuera extraña, del mismo modo que lo es una fotografía o pintura (*picture*) con respecto a lo que "representa". Se con-

322 Hegel, G.W.F., *Lecciones sobre la historia de la filosofía*. México, 1985, F.C.E., T. I, p. 281.

sagra así una suerte de dualismo gnoseológico que concibe el conocimiento como una relación no mediada culturalmente entre ambas entidades, como una relación “sujeto-objeto”, tal y como se lee en todos nuestros manuales escolarizados de filosofía.

Entiendo por compromiso ontológico, aquellos “compromisos básicos” o “profesionales” –para usar inicialmente la expresión de T. S. Kuhn– mediante los cuales todas las disciplinas científicas “especifican qué tipo de entidades contiene el universo, y por implicación, aquellas que no contiene”. Es decir, aquellos que nos permiten decidir por razones que no son de origen experimental, qué es lo que existe y qué es lo que no existe.

2. Pretendo también demostrar³²³ –mediante el análisis de la revolución conceptual que se opera de la Física moderna a la relativista y cuántica contemporáneas– que la causa teórica más importante de la crisis que se produjo en la Física moderna tiene que ver más con el agotamiento de este modelo metafísico atomista –determinado por las paradojas y antinomias que encierra– que con motivos de orden directamente experimentales o de la sintaxis de su formalismo matemático.

3. Finalmente, pretendo demostrar que el cambio de los “conceptos fundamentales” que se opera con la Física contemporánea reside precisamente en un cambio de compromiso ontológico respecto a la naturaleza que atribuimos a los entes existentes y a la forma de su comprensión racional³²⁴. La Física contemporánea se encontraría comprometida con una ontología que supone la existencia de entida-

323 Uso aquí el concepto de “demostración” no en el sentido axiomático deductivo con el que se reconstruye en forma estática una teoría ya dada, sino desde el punto de vista de la reconstrucción de su génesis o crecimiento. Dicha reconstrucción histórica procede de manera inversa a la que se da en una reconstrucción formal. Por ejemplo, una reconstrucción axiomática de análisis matemático debería empezar con la teoría de conjuntos y finalizar con las diferentes formas del cálculo. Por el contrario, una reconstrucción histórica del mismo tema comienza con las técnicas del cálculo y termina con la teoría de conjuntos. Cf. al respecto, I. Grattan-Guinness (comp.); *Del cálculo a la teoría de conjuntos, 1630-1910. Una introducción*. Madrid, 1984, Alianza Universidad, p. 14.

324 En este punto –y sólo hasta este punto– suscribo plenamente la caracterización de Heidegger sobre la relevancia de los “conceptos fundamentales” para la comprensión hermenéutica y epistemológica de los alcances y límites de una disciplina, sin que ello

des básicas –interacciones o simetrías fundamentales– de carácter no atomista. Una representación de la naturaleza en términos relacionales, estructurales y, en un cierto sentido, histórico-cualitativos, tanto en su formalismo como en la interpretación física de dicho formalismo³²⁵.

A partir de estas tesis pretendo sugerir, ya no “demostrar”, algunos alcances y consideraciones de orden filosófico que de dichos análisis se desprenden, los cuales distingo, pues sobre ellos ha caído todo el peso de las críticas del jurado informante. Estos serían más o menos los siguientes:

1. Voy a sostener la tesis de que así como estos cambios de compromiso ontológico no pueden ser explicados en términos puramente “experimentales” o “sintáctico-formales”, vale decir, naturalistas o analíticos, tampoco lo pueden ser en términos metafísicos de un metarrelato trascendental de segundo orden (ubicado en una esfera privilegiada metalingüística o metahistórica) que justifique de manera

implique –para mi punto de vista– ingresar a alguna suerte de esfera trascendental del conocimiento o la existencia: “Por ‘conceptos fundamentales’ se entiende habitualmente las representaciones que nos delimitan un ámbito de objetos en su totalidad o según perspectivas particulares, pero rectoras. Así, el concepto de ‘fuerza’ es un concepto fundamental de la ciencia de la naturaleza, el concepto de ‘cultura’ lo es de la historia, el concepto de ‘ley’, del derecho –y en otro respecto, también de la ciencia de la naturaleza– el concepto de ‘estilo’ lo es de la investigación histórica del arte, mas también de la ‘filología’, de donde incluso proviene pues alude en primer lugar a la manera de escribir, por tanto del decir y del lenguaje, y finalmente incumbe también al ‘lenguaje de las formas’ de toda obra que procede de la historia del arte plástico y de la pintura, por tanto, de la ‘teoría del arte’ en general. Los conceptos fundamentales, así entendidos, sirven a las ciencias particulares para la exploración de sus ámbitos en tanto que hilos conductores del preguntar, responder y presentar.” Heidegger, Martin; *Conceptos fundamentales. Curso del semestre de verano, Friburgo, 1941*. Madrid, 1989, Alianza Editorial, pp. 39-40.

325 “Las formas simbólicas de expresión de las matemáticas no son aquí sólo un instrumento indispensable para describir relaciones cuantitativas, sino también nuestro principal medio de análisis de concepciones cualitativas generales”. Asimismo, “en la discusión de estas cuestiones no debe perderse de vista que, conforme a la concepción defendida aquí, tanto la radiación en el vacío como las partículas materiales aisladas no son más que abstracciones, dado que, según el postulado cuántico, sus propiedades sólo pueden ser definidas y observadas a través de su interacción con otros sistemas”. Niels Bohr; *La teoría atómica...*, op. cit., p. 58.

apodíctica supuestas “condiciones de posibilidad” de todo enunciado científico.

Por esta razón, cuando hablo de “compromisos ontológicos”, no los entiendo como “principios” teoréticos o axiomas categoriales trascendentales, ubicados en algún lugar divinamente privilegiado desde el cual los filósofos ejercemos alguna “deducción trascendental” de las prácticas científicas, o en general, de las despectivamente llamadas “disciplinas particulares” (Heidegger), sino a la inversa, los entiendo como resultantes profanos de relaciones establecidas históricamente en el encuentro o conflicto entre prácticas sociales de una misma cultura o de diversas culturas, de manera contingente y no teleológica.

Con este relato histórico no busco “fundamentar” (o a la inversa “descalificar”) las prácticas científicas existentes, ni considerarlas como disciplinas, teorías o concepciones cerradas o todos definitivos, sino a la inversa, mostrar cómo dichas prácticas, al expandir socialmente su uso, se entrelazan en un conglomerado de interacciones causales con otras, originando enigmas, incoherencias patéticas y finalmente aporías que a cada paso marcan límites a sus discursos y plantean nuevas recontextualizaciones, así como sugieren nuevos horizontes paradigmáticos a las comunidades humanas históricamente concretas que las usaban y en las que se habían instalado como una suerte de “sentido común”.

Considero que frente a ellas resulta inútil todo intento fundamentalista, sea naturalista o idealista, precisamente porque los compromisos ontológicos de la ciencia moderna son históricos y no de naturaleza exclusivamente teórica (por ello evito confundir *teoría* con *paradigma*) y no constituyen, por tanto, un todo cerrado y coherente sino “cuasi-conjuntos” abiertos de intercambio cultural, que desde el punto de vista de su fundamentación puramente coherentista, aparecen como teóricamente eclécticos o conjuntos vagos.

No intento establecer nuevamente un metarrelato trascendental sobre la “vaguedad” (o una especie de metarrelato gadameriano sobre la “historicidad”), sino simplemente mostrar un rasgo histórico específico de la cultura histórica moderna. Ella no constituye un rígido e inmutable conjunto cantoriano sino un conglomerado multicultural

abierto y convulsivo en el que –al decir de Marx– todo lo sólido se desvanece en el aire y todo lo sagrado es permanentemente profanado; un régimen social y cultural que comparativamente hablando “se distingue del antiguo por estar abierto al futuro”³²⁶, ¿por qué la ciencia natural –que es uno de sus productos característicos– tendría que escapar de su entorno?

Por ello, si bien estoy de acuerdo con los cuestionamientos posmodernos a los “metarrelatos filosóficos” (punto en el que coinciden con el viejo empirismo) en cuanto se refiere a sus aspiraciones trascendentales de fundamentación metafísica absoluta, no lo estoy en lo que se refiere a su justificación histórica. No se trata de apelar una vez más al simple y engañoso expediente de “disolverlos” o declararlos “pseudoproblemas”, o invenciones perversas de algún genio satánico, sino de recontextualizarlos, esto es, situarlos desde la perspectiva inmanente de su misma historia profana de enigmas, incoherencias y aporías.

En verdad, la pregunta metafísica y la pretensión de fundamentación (cercioramiento o autoconciencia) de nuestras creencias culturales surge legítimamente de los mismos enigmas, incoherencias y aporías que ellas engendran con la expansión histórica de su uso. El problema es que su posibilidad de ser respondida está también ligada a las condiciones históricas de realidad que la origina. Esto resulta bastante evidente, por ejemplo, cuando Habermas vuelve a plantear la pregunta que ha torturado a la tradición metafísica germana moderna desde Kant:

¿Cómo puede construirse a partir del espíritu de la modernidad una forma ideal inmanente que no se limite a ser un mero remedo de las múltiples formas históricas de manifestación de la modernidad, ni tampoco le sea impuesta a ésta desde fuera?³²⁷.

No se puede. Desde el mismo momento que ésta se entiende a sí misma como una “época histórica” (y no como una condición “natu-

326 Habermas, J.; *El discurso filosófico de la modernidad*. Buenos Aires, 1989, Taurus, p.17.

327 *Ibid.*, p. 33.

ral” o “divina” de la vida humana), precisamente para legitimar su superioridad “progresiva” como “sociedad abierta” frente al mundo antiguo, se despojó a sí misma de la capacidad de atribuirse alguna “forma ideal inmanente”, “espíritu” o “esencia” definitiva y, por tanto, de construir con Kant “un edificio de ideas” en el cual “se reflejen como en un espejo los rasgos esenciales de la época”.

No se puede responder a los enigmas, incoherencias o aporías de nuestras creencias modernas con los mismos procedimientos de fundamentación a los que apelaron Platón y Aristóteles en el mundo antiguo. El rasgo “histórico” con el que definimos a nuestro mundo nos impide recurrir al “esencialismo” en la fundamentación. La “mirada al futuro” nos impide apelar a la “reminiscencia” platónica o romántica para fundamentar nuestro saber. El propio proceso social de “individuación” que motoriza el mundo moderno nos impide tratar a nuestras formas de vida sociales como un “espíritu” o “macro-sujeto”.

En fin, la naturaleza aporética de toda respuesta fundamentalista emerge de la propia civilización y cultura moderna, que no admite un metarrelato coherente y cerrado. No prohíbe necesariamente la metafísica en general, sino este tipo particular de metafísica. A eso apunto cuando trato de recontextualizar la historia de la metafísica atomista de la ciencia moderna, sus enigmas, incoherencias y aporías que nos plantean un nuevo compromiso ontológico.

Pero no hay en ello ningún ánimo nostálgico respecto de la metafísica atomista, análogo al que motivara a Kant a buscar un sustituto para llenar el “vacío” dejado por la religión como eje unificador de la cultura antigua, o análogo al espíritu romántico que motivó a Hegel en su *Filosofía del derecho* a recuperar la representación corporativa feudal frente al abismo abierto por la democracia representativa con el surgimiento de la sociedad civil y el Estado modernos. Menos aún la añorante pretensión heideggeriana de retornar a la “autenticidad metafísica originaria del Ser” en la que se instalaron los griegos, “olvidada” por la “razón instrumental” moderna. Ni tampoco la añoranza idealista de Apel por una “comunidad ideal de comunicación” que llene el vacío comunicativo abierto por los procesos de individuación social modernos.

Como diría Marx, todo está aquí de cabeza. Esta mirada nostálgica de un mundo que efectivamente se perdió con la modernidad, es la fuente del pesimismo global del nihilismo posmoderno, pero no de una crítica revolucionaria. La posibilidad imaginaria de instalarse en la mirada externa que caracteriza los metarrelatos nihilistas sólo es viable si vemos la vida práctica y la cultura moderna como un conjunto o código coherente y cerrado. Las aporías surgen entonces no de la vida misma, de las múltiples formas históricas que conforman este conglomerado intercultural incoherente en expansión, sino de su contraposición con esta “forma ideal” que le imponemos.

Sugiero, en consecuencia, una elucidación pragmática inmanente referida a un cambio más profundo que se opera en el contexto social, vale decir, en sus formas de vida extralingüísticas, y en el contexto simbólico-cultural propiamente lingüístico-comunicativo que se producen entre la sociedad y cultura moderna y la contemporánea³²⁸.

328 “Bacon y Descartes coincidían en uno de los objetivos de la nueva ciencia, como era el que los frutos de la investigación científica hubiesen de ser la mejora de la condición humana aquí en la tierra, atendiendo a la agricultura, la medicina, la navegación y los transportes, la comunicación, las técnicas bélicas, las manufacturas y la minería... Tradicionalmente, el aspecto práctico de la ciencia residía en servir a la causa de la religión, siendo un rasgo revolucionario de la nueva ciencia el objetivo pragmático adicional consistente en mejorar aquí y ahora la vida diaria mediante la ciencia aplicada... El verdadero objeto de la búsqueda de la verdad científica debía ser incidir sobre las condiciones materiales de la vida...”. Cohen, I. Bernard; *La revolución newtoniana...*, op. cit., p. 23. Es en dicho sentido –y sólo en este aspecto– que comparto la necesidad expresada por Gadamer de “tomar el concepto de experiencia de una manera más amplia que en Kant, de modo que la experiencia de la obra de arte, pueda ser comprendida también como experiencia”. Gadamer, H.G.; *Verdad y método*, op. cit., p. 438. Yo ampliaría este ámbito no sólo al arte, sino al conjunto de las experiencia y evidencias culturales. Al integrar la comprensión de la ciencia a su horizonte comunitario, resultan más evidentes sus intenciones comunicativas y el contexto dialógico de la vida práctica en la que acontece y no como un texto sagrado poseedor de verdades eternas reveladas por el ojo de dios: “En otros términos, la ciencia es un sistema de relaciones. Ahora bien, acabamos de decirlo, solamente en las relaciones debe ser buscada la objetividad; sería en vano buscarla en los seres considerados como aislados unos de otros (...) la ciencia no nos puede hacer conocer la naturaleza de las cosas... y si algún dios la conociera, no podría encontrar palabras para expresarla”. Poincaré, Henri; *Le valeur de la science*. Cap. XI, en *Filosofía de la ciencia*, op. cit., pp. 32-33.

Dicha tesis sugiere, a su vez, dos aspectos del problema:

a. En primer lugar, que la visión atomista de la Física moderna sólo pudo convertirse en “sentido común” y “paradigma” de cientificidad en un contexto cultural en el que nuestra relación con la naturaleza fuera percibida como una relación con una entidad autónoma con respecto a la subjetividad humana y la misma naturaleza como una entidad completamente desacralizada y contingente.

Vista así, la naturaleza puede ser convertida en un “objeto” o suma de “cosas” reducible a una entidad mínima (atómica), la cual resulta teóricamente separable de sus relaciones (especies) y, por tanto, susceptible de manipulación externa por el hombre. Es este contexto cultural el que da un carácter “evidente” en sí mismo al primer principio de la Mecánica moderna: el principio de inercia. Es decir, la idea de un ente completamente descontextualizado³²⁹.

Se trata de una imagen contrapuesta a la visión teleológica de la antigüedad clásica o medieval, para las que dicha concepción metafísica no sólo no resultaría evidente, sino más bien absurda y contradictoria. Se trata en realidad de dos ontologías divergentes sobre el Ser y, consecuentemente, de dos concepciones de la racionalidad humana.

Para la concepción moderna, la “razón” constituye un instrumento de validación puntual en la medida que las partes pueden ser analíticamente desagregadas y aisladas (principio de separabilidad) del todo, al no estar ligadas a alguna finalidad sagrada como en la Física aristotélica o medieval. Dicha separabilidad permite también la manipulación de cualquier segmento de la naturaleza para fines arbitrariamente decididos por el manipulador. Recordemos el célebre apoteg-

329 “El modelo de cielo copernicano no pudo haberse aceptado (posteriormente) sin aceptar también la mecánica corpuscular de Galileo y Descartes. Esa mecánica fue la cuña de entrada para un paradigma newtoniano de explicación científica –un paradigma que predice los acontecimientos sobre la base de una microestructura homogénea universal, en vez de... diversas especies naturales... A medida que resultó más difícil pensar en la forma común de descomponer el mundo en especies ‘naturales’...empezó a resultar más difícil entender la distinción aristotélica entre esencia y accidente. De este modo empezó a borrarse la idea misma de la ‘naturaleza’ de algo, como patrón al que debían atenerse las cosas de esa especie”. Rorty, Richard; *Ensayos sobre Heidegger...*, op. cit., p. 202.

ma de Bacon: "saber es poder". Igualmente su claridad y certidumbre explicativa es posible si sólo se admite la existencia de "causas directas" (puntuales e inmediatas) de un cuerpo con otro en un instante dado (por choque, rozamiento u oscilación de un medio) independiente del contexto total. En ello consiste la "claridad" y "certidumbre" cartesiana que adquiere un "hecho" (objetivo) o una "idea aislada" (distinta) en sí mismos.

En la ciencia antigua (en la Física aristotélica), la relación causal es concebida como una relación principio-fin. Cualquier certidumbre sólo es posible si nos remontamos en la escalera causal a las primeras causas o primeros principios del camino del ser o del pensar. La manipulación puntual resulta imposible al margen de la totalidad, salvo por accidente. Pero el accidente no es una relación racional, es precisamente la ausencia de dicha relación universal y necesaria. Nuestra razón sólo puede acceder a una contemplación de la totalidad.

En contraposición, en el mundo moderno nos encontramos ante una naturaleza laica que no supone necesariamente nada fuera de sí misma (la inercia –su primer principio– no tiene "causa" sino que es el límite de toda explicación causal) y una razón que supone la independencia sustancial de la subjetividad humana. Ello hubiera sido impensable en contextos culturales como el griego, el medioeval, el musulmán o el andino, para sugerir algunos contraejemplos.

b. Por otro lado, sugiero que este contexto cultural sólo podía institucionalizarse y oficializarse en un contexto social extralingüístico, en el cual las relaciones económicas entre los hombres permiten la existencia de "individuos libres" (productores privados independientes y asalariados libres, para usar la conocida expresión de Marx). Es decir, sujetos no atados socialmente a relaciones de dependencia directa, de esclavitud, servilismo, parentesco o clientelaje, etc. Sólo ello permite la institucionalización de una "sociedad civil" o laica, compuesta por individuos autosuficientes no únicamente en sus relaciones económicas sino también en sus relaciones éticas. Algo así como átomos regidos por intereses individuales (basados en su trabajo individual) y con relaciones puramente externas (contractuales) en una suerte de espacio vacío llamado económicamente "mercado libre" y políticamente "sociedad civil".

La imagen rousseauniana del “individuo aislado” previo a toda relación social –imagen que suponen todas las teorías contractualistas modernas– y las metafóricas “robinsonadas” que inundan la literatura del siglo XVIII, muestran que la concepción atomista del mundo constituye un lugar común de la sociedad y cultura modernas. De ahí la célebre afirmación de Marx de que el hombre “sólo puede aislarse en sociedad”, o mejor dicho, en determinado tipo histórico de sociedad: la sociedad moderna.

Se trata de una ética individualista de la responsabilidad, en cierto modo descrita por Weber en su caracterización de la ética protestante. En ella la convivencia de los individuos está regulada internamente y no se encuentra sujeta al premio o castigo de una confesión pública institucionalizada.

Así como el trabajo individual deja de ser un “medio” de dependencia social (de esclavitud o servidumbre) y se convierte (mediante la profesionalización) en un fin en sí mismo de acumulación privada (de liberación o autonomía del trabajador), el libre examen hace de la responsabilidad ética y religiosa un asunto privado. Las relaciones entre los individuos sólo están reguladas desde el exterior en términos jurídicos puramente formales o procedimentales (no hay delito de conciencia, esto es de finalidad) por un Estado o poder laico que carece de telos, hecho precisamente para proteger dicha individualidad interior; sólo el individuo tiene derecho a tener fines particulares. De ahí el conocido desgarramiento que establece la sociedad moderna entre la vida pública y la vida privada, que en el mundo antiguo estaban fusionadas. Allí sólo era ciudadano el que participaba del Estado.

En el mundo moderno, el poder político no expresa ya una voluntad divina. En el peor de los casos (en la filosofía del derecho alemana o en la filosofía política francesa), sólo se trata de una encarnación jurídica formal de la “voluntad general” que busca garantizar en la “ley formal” los derechos de los individuos. Por ello sugerimos que habría sido imposible la institucionalización de la visión atomista de la ciencia moderna en el contexto político de un estado teocrático y en el contexto de una sociedad en que se encontrara públicamente consagrada una ética confesional. Tal vez esta fue la raíz del conflicto histórico permanente

entre el discurso público formal de la ciencia moderna y el discurso público teleológico de la iglesia católica.

2. A partir de este enfoque me propongo sugerir también que quizás la relevancia de la presente investigación —si es que la tiene— no se encuentra tanto en el hecho de que pueda significar alguna contribución excepcional a la llamada “filosofía de la física” o “epistemología de la física”, sino a la inversa, en dilucidar en qué medida la Física moderna atomista —en tanto ella se constituyó en el paradigma por excelencia de científicidad³³⁰— contribuyó a forjar la racionalidad del mundo moderno, sus alcances, sus paradojas y sus límites, de la misma manera como la geometría de Euclides sirvió para forjar el mundo clásico y la teología tomista el mundo medievo³³¹.

Enfatizo esta disquisición porque algunos buenos amigos que conocen mis preocupaciones fundamentales por la filosofía política, ven mi interés por los problemas de la Física como una especie de esoterismo esquizofrénico, o una suerte de problema de personalidad desgarrada.

330 “La revolución científica de Newton se elaboró y expuso en los *Principia*, y durante más de dos siglos este libro constituyó la piedra de toque contra la cual se evaluaban todas las demás ciencias, convirtiéndose en el modelo al que tendían los científicos de campos tan diversos como la paleontología, la estadística y la química, a fin de elevar sus propios campos de estudio a un alto estadio de desarrollo”. Cohen, I. Bernard; *La revolución newtoniana y el...*, op. cit., p. 34. En 1812 Couvier comenzaba sus “Discursos preliminares” preguntándose “¿Por qué la historia natural no habría de tener también algún día su Newton?”. En 1887 Oswald y Van’t Hoff se lamentaban porque “aún no tenemos un Newton en la química” (*Ibid.* p. 317). A fines del siglo XVIII y comienzos del XIX, Kant y Hegel respectivamente, manifestaban sus elogios de Rousseau, caracterizándolo como “el Newton de las ciencias morales”. En resumen: “... existe en nuestra cultura (desde el siglo XVIII) la tendencia a considerar la física como nuestra metafísica, es decir, a considerar las ciencias exactas como la descripción del ‘verdadero mobiliario último del universo’ por tanto tiempo buscada... La verdad es verdad física, la posibilidad, posibilidad física, y la necesidad, necesidad física, según esta opinión”. Putnam, Hilary; *Razón, verdad e...*, op. cit., p. 28.

331 “¿Cómo no ver entonces que una filosofía que quiere ser verdaderamente adecuada al pensamiento científico en constante evolución, debe tomar en cuenta el efecto de los conocimientos científicos sobre la estructura espiritual?” Gaston Bachelard, *La philosophie du non*, Paris, 1940, PUF, p. 7. citado por A. Salazar Bondy en “Estudio preliminar”, en G. Bachelard; *El nuevo espíritu científico*, Lima 1972, UNMSM, p. XIV.

Creo que tal suspicacia es ella misma resultado de la imagen descontextualizada que nos sugiere la ciencia atomista moderna. Su objetualismo creó un abismo insalvable entre las ciencias naturales y las ciencias sociales y una jerarquía epistemológica indiscutible de las primeras sobre las segundas, condenando a estas últimas a intentar la imitación de las primeras, consideradas como verdaderos paradigmas de cientificidad. Hoy creo que la situación tiende a invertirse. No pretendo con esto decir que la Física sea reducible a una ciencia social, pero sí que cada vez resulta más claro que ella es nuestra "imagen social de la naturaleza", o algo así como la forma de vida natural del mundo moderno.

La importancia paradigmática que adquirió la Física atomista en la moderna sociedad burguesa muestra que esto no fue una cuestión accidental. Todos los grandes filósofos modernos no tuvieron la menor duda de su carácter paradigmático. Las demás disciplinas científicas buscaron –y muchas todavía buscan– imitarla, por lo menos hasta comienzos de nuestro siglo. En dicho sentido, no deja de tener razón la aguda observación de Gadamer de que "aunque el deseo constante de las ciencias humanas sea el de apoyarse en la filosofía contemporánea, no resulta menos cierto que para asegurarse una buena conciencia científica, las ciencias humanas... continúan siendo atraídas por el modelo de las ciencias naturales".

No comparto, sin embargo, su unilateral contraposición metodológica neokantiana entre ciencias humanas y ciencias naturales, en la medida que no tenemos que suponer una relación metafísica esencial –y no históricamente contingente– entre las ciencias naturales y el método mecánico-analítico. Así, por ejemplo, cuando Gadamer se pregunta "¿Por qué en el dominio de las ciencias humanas, la idea cartesiana del método no se denuncia como inadecuada?"³³², habría que replicarle ¿por qué no se hace la misma pregunta con respecto a las ciencias naturales? ¿Por qué las considera como un todo metodológicamente acabado y definitivo, incapaz de reflexividad? De hecho

332 Gadamer, H.G.; *El problema de la conciencia histórica*. Madrid, 1993, Tecnos, p. 47.

la misma ciencia natural contemporánea relativista y cuántica, comenzó su derrotero desde fines del siglo pasado precisamente con esta pregunta autocrítica. Insistir hoy en dicha contraposición metodológica decimonónica, es ignorar completamente los inmensos desarrollos reflexivos de la ciencia natural contemporánea.

Tengo la sospecha de que las razones de la contraposición gadameriana entre ciencias naturales y ciencias humanas son profundamente dogmáticas. Para realizar tal contraposición él recurre a la idea aristotélica de que “es el objeto mismo el que debe determinar el método de su penetración”³³³. Me parece que con ello Gadamer abandona incluso la inicial “destrucción” heideggeriana de la categoría aristotélica que engendra dicho mito, la de “ente en cuanto tal”, en la cual se basa también la noción atomista moderna de “objeto natural” como algo sustancialmente independiente de la intersubjetividad humana, es decir, como un resultado de los compromisos ontológicos que los hombres establecen en el contexto de sus interacciones historico-sociales. Esto lleva a Gadamer a una explícita aceptación de una suerte de “teoría mágica de la referencia”, que curiosamente lo coloca “de nuevo en vecindad” con el idealista Hegel: “todo método es un método ligado al objeto mismo”³³⁴. En efecto esto no es sino una variante menor del apotegma hegeliano de que “todo lo real es racional y todo lo racional es real”.

Sospecho también que es esta presuposición metafísica la que le impide a Gadamer realizar una crítica inmanente del método inductivo generalizado por J.S. Mill a toda la ciencia empírica y aceptar la clásica ilusión empirista (consagrada por Newton en los *Principia*), de que “el método inductivo es independiente de todo presupuesto metafísico”, en tanto no busca “causas ocultas” y “observa únicamente las regularidades” con objetivos predictivos. Identificar “objeto y método” deja intacto el dogma reduccionista del significado y el de la transparencia de la referencia en los que se basa el empirismo tradicional.

333 *Ibid.*

334 *Ibid.*, p. 48.

Gadamer sólo se limita a “restringir” su generalización, esto es, a su aplicación a las ciencias humanas, para lo que apela a la naturaleza intencional (teleológica) del comportamiento del objeto de las ciencias humanas y a la consecuente “singularidad” de su accionar que impide establecer la generalización de “regularidades” al igual que en la ciencia que estudia los objetos naturales. Su “diferenciación” entre ambas ciencias se basa pues en que no pone en cuestión el método inductivista en las ciencias naturales³³⁵.

Más aún, voy a sugerir la hipótesis de que la contraposición entre las ciencias naturales modernas y las ciencias humanas es un rasgo ideológico (presentado como “ideal metodológico”) constante de la tradición filosófica idealista germana. Comenzando con Kant, pasando por Hegel, Schelling y el romanticismo alemán, siguiendo con Nietzsche y Dilthey, y culminando en Heidegger y Gadamer, ésta sostiene –con la solitaria excepción de Marx– que sólo mediante una fundamentación metafísica trascendental es posible confrontar el naturalismo o materialismo metafísico de la ciencia moderna³³⁶. Dicho en pocas palabras, las llamadas ciencias humanas (o morales) trataron de ser convertidas en la plataforma de lucha en la que se atrincheró la oposición metafísica moderna. De ahí su énfasis en la “diferenciación” y “fundamentación” independiente.

Pienso por ello que la evolución de la Física teórica moderna puede darnos claves históricas importantísimas para la comprensión de la racionalidad social y cultural dominante de la vida moderna y de sus aporías, impuesta tanto por la mayoría de seguidores y admiradores metodológicos como por sus opositores metafísicos idealistas. Ello puede ser también decisivo para comprender la naturaleza y

335 “Sacar las consecuencias a partir de las regularidades no implica ninguna hipótesis sobre la estructura metafísica de las relaciones en cuestión, sirve únicamente para la previsión de regularidades”. *Ibid.*, p. 49.

336 “...‘es únicamente en Alemania donde podría sustituirse el empirismo dogmático... Mill es un dogmático porque le falta erudición histórica’. Estas líneas se encuentran anotadas en el ejemplar que poseía Dilthey de la *Lógica* de Mill. Y, en efecto, el penoso trabajo realizado por Dilthey durante varias décadas para fundamentar las ciencias humanas y para distinguirlas de las ciencias naturales, es un debate continuo con el ideal metodológico naturalista...”. *Ibid.*, p. 55.

alcances de los cambios sociales y culturales contemporáneos que recontextualizan la concepción contemporánea de cientificidad.

3. Existe por último un interés aparentemente profesional en este asunto. El fetichismo objetualista que desarrolló la Física atomista moderna –en tanto modelo de racionalidad científica a imitar– creó una suerte de sentido común de cientificidad que condenó tempranamente a las ciencias humanas y sociales al rango de “no-ciencias”, “pre-ciencias” o “pseudo-ciencias”.

En el mismo sentido, la literatura o el arte fueron prácticamente estimados como elementos irrelevantes o meramente decorativos para la conformación de la moderna sociedad industrial y para todo proyecto de modernización social en general. El discurso tecnocrático suele convertirse periódicamente en el carné de identidad del mundo moderno como un todo, y las humanidades apenas en un carné de biblioteca distrital.

Esto ha ocurrido con un énfasis creciente en la medida que las humanidades fueron las primeras –tal vez desde el solitario Vico– que pugnaron por apartarse críticamente del paradigma objetualista, fetichista y cosificante de la ciencia atomista. Pero este importante distanciamiento crítico fue luego agudizado y distorsionado por el romanticismo alemán y el nihilismo filosófico hasta convertirlo en un abismo insalvable. Ambos bandos terminaron consagrando un punto de vista común por el cual sólo se consideran como ciencia demostrativa aquellas teorías que se refieren a cuestiones de hecho objetuales, y a cálculos operacionales susceptibles de realizar reducciones analíticas y manipulaciones puntuales sobre objetos. ¿No coinciden acaso en este punto muchos de nuestros grotescos “modernizadores” y sus críticos “posmodernizadores” actuales? Es un objetivo del presente trabajo sostener que la ciencia contemporánea no respalda en modo alguno esta decimonónica concepción de cientificidad³³⁷.

337 Un ejemplo paradigmático de este cuestionamiento unilateral de las ciencias humanas lo da Patrick Suppes, para quien existe una “ausencia de cualquier teoría sistemática de la estructura para casi todos los fenómenos históricos de interés humano”. Para Suppes, “podemos preguntar acerca de la estructura de una sociedad... de un mercado... o de una campaña militar” pero las respuestas dadas hasta hoy son descalificadas por tener “una di-

Esta actitud creó también una reacción inversamente proporcional en las ciencias humanas y sociales; una especie de hostilidad profesional al conocimiento científico, la negación de cuya autoridad terminó condensándose en una negación radical y absoluta a toda pretensión de valor “representacional” del lenguaje en general³³⁸. Apelando de manera unilateral a la tesis saussureana sobre la “convencionalidad del signo lingüístico” o a cierto “conductismo radical” de origen pragmatista, se consideró cualquier intención representativa del discurso como una ilusa y absurda pretensión metafísica (“metafísica de la presencia” la llamó Derridá) de origen cartesiano, reduciendo todo discurso filosófico a la literatura y toda proposición a una metáfora.

Otros pretendieron desarrollar alternativas epistemológicas para las ciencias humanas y sociales —como Dilthey, Weber o Heidegger— contrapuestas a los métodos demostrativos de las ciencias naturales. Hemos llegado a un punto en el que en muchos medios humanísticos se ha convertido en un estigma habitual de descalificación acusar a un autor o una teoría con pretensión demostrativa de “positivista”, de la misma manera como se descalifica en muchos medios científicos

ferencia radical” con “el estudio de la estructura del átomo, o la estructura del sistema solar” o “la estructura de la geometría euclidiana en un sentido abstracto”. Descalifica a las ciencias humanas por no basar su “cinemática” en una estricta estadística corpuscular (“frecuencias matemáticas”) y por su carencia de una “dinámica” causal, unívoca y determinista, dada la “amplia variedad de explicaciones causales”. No obstante, el propio Suppes tiene que admitir que su juicio sobre las ciencias humanas supone una normatividad que implica “tomar teorías desarrolladas en las ciencias físicas o en matemáticas, como modelos que debieran seguirse”.

Patrick Suppes; “El estudio de las revoluciones científicas: teoría y metodología”, en *La filosofía y las... op. cit.*, pp. 295-303. Resulta realmente sorprendente que un lógico-matemático como Suppes exprese de manera tan ingenua una falacia de atingencia de tal magnitud. Sucede que en realidad el problema no es de naturaleza lógica sino de una concepción metafísica atomista de la propia ciencia natural.

338 Partiendo de una crítica certera a un cierto tipo de representacionalismo de origen analítico cartesiano (objetualista, atemporal y ahistórico) se ha pasado a una generalización unilateral de dicha crítica, negando toda validez representativa al lenguaje reduciéndolo a sus funciones pragmáticas o meramente expresivas. Si los positivistas y logicistas convirtieron el lenguaje en una gran proposición apofántica, sus críticos lo han convertido hoy en una gran metáfora.

naturales a una concepción no objetualista, acusándola de “metafísica”.

Hasta el día de hoy, muchos profesores y autoridades de nuestra propia universidad consideran que los fondos de investigación no deberían “perderse” en investigaciones humanísticas porque carecen de resultados “útiles” para nuestro país. Inversamente, algunos de nosotros retrucamos –en un debate de sordos– su grotesca creencia de que hacer investigación científica equivale a rascar un cerdo y mirar por el microscopio³³⁹.

En esta dinámica, en algunos casos se ha llegado de nuestra parte al extremo de descalificar el conjunto del pensamiento científico moderno, caracterizándolo de manera total como expresión de una “razón instrumental” o del “logocentrismo” obsesivo de Occidente o de una ideología fetichista de la cosificación y “manipulación”, cuyo objetivo alienante no sería otro que justificar el poder y el control hegemónico de la cultura burguesa moderna europea sobre el resto de culturas humanas.

Por supuesto, hay un cierto rasgo de evidencia –*cum grano salis*– en esta acusación. Personalmente creo que hay que destilar el agua sucia que existe en la bañera de la cultura moderna europea occidental, particularmente los rasgos de dominación, poder y discriminación social de su discurso científico, como han señalado hasta la saciedad los estructuralistas franceses, pero sostengo que hay que tener cuidado de no botar junto con el agua sucia al niño que queremos limpiar.

339 “Buscamos la realidad, pero ¿qué es la realidad? Los fisiólogos nos enseñan que los organismos están formados por células; los químicos agregan que las mismas células están formadas por átomos. ¿Quiere decir que esos átomos o esas células constituyen la realidad o, por lo menos, la única realidad? La forma en que están dispuestas esas células y de la cual resulta la unidad del individuo ¿no es también una realidad mucho más interesante que la de los elementos aislados? Un naturalista que nunca hubiera estudiado al elefante más que con el microscopio ¿creería conocer suficientemente a ese animal?... En matemática ocurre algo análogo. El lógico descompone, por decirlo así, cada demostración en un número muy grande de operaciones elementales... ¿se creará haber comprendido el verdadero sentido de la demostración?... evidentemente, no; no poseeremos, todavía, toda la realidad... la unidad de la demostración se nos escapará completamente.” Henri Poincaré; “La valeur de la Science”, en *Poincaré*, (selección de textos), Bs. As., 1967, CEAL, Cap. VI, pp. 69-70.

No pretendo hacer con esto una ecléctica, falsa y tranquilizadora afirmación. Tampoco quiero sugerir arrogantemente la trivialidad de las denuncias de un Bataille, un Heidegger o un Foucault y desconocer los elementos de poder, dominación y marginación que ciertamente existen tras el discurso científico moderno europeo porque no desconozco la estructura clasista sobre la que se sostiene la modernidad burguesa.

Más aún, como socialista, no soy definitivamente un admirador incondicional de la cultura burguesa, por la misma razón que tampoco lo soy de ninguna cultura basada sobre la división de la sociedad en clases, en la misma medida que ella implica una función de dominación³⁴⁰. Pero si este fuera el *único* factor de validación cultural, habría que descalificar *ab initio* todas las culturas existentes hasta nuestros días, lo cual, o es una petición de principio, o simplemente una afirmación contradictoria y además absurda.

Pero aún si éste no fuera el caso, creo que no se justifica histórica ni empíricamente la reducción del discurso científico moderno sólo a los factores de dominación y poder de la cultura occidental. La ciencia moderna es a la vez resultado y conglomerado social y multicultural de una evolución histórica muy anterior, que no es exclusiva ni básicamente occidental ni burguesa. El mismo nombre de "cultura occidental" no es sino un término genérico y hasta casi metafórico para designar este conglomerado³⁴¹. Ni la pólvora ni el álgebra —para

340 Hago referencia a mis creencias políticas socialistas porque algunos pensadores serios suponen que ellas son una fuente prejuiciosa de distorsión epistemológica. Putnam, por ejemplo, atribuye la fuente del relativismo epistemológico anarquista de un Feyerabend o un Foucault a sus convicciones críticas sobre el capitalismo: "Mientras que Kuhn ha moderado su posición cada vez más, tanto Feyerabend como Michel Foucault han tendido a llevarlas hasta sus últimos extremos. Existe algo político en sus opiniones: tanto Feyerabend como Foucault vinculan nuestros criterios institucionalizados de racionalidad con el capitalismo, la explotación e incluso con la represión sexual". En lo que a mí respecta, sostengo que dicha relación no es necesaria sino contingente, y en un sentido parcial y limitado. Más aún, que resulta imposible de generalizar sin caer en una actitud contradictoria y además absurda. Cf. al respecto, Putnam, H.; *Razón, verdad e...*, op. cit., p. 130.

341 "...los filósofos occidentales aún muestran una inquietante tendencia hacia el esencialismo cuando formulan comparaciones interculturales. Donde mejor se aprecia

referir sólo dos expresiones de poder y racionalidad decisivos del Occidente moderno— fueron invención de Occidente. No considero entonces sensato reducir este inmenso conglomerado multicultural a la mera expresión ideológica de una cultura o al poder de una clase dominante en particular³⁴².

Peor aún, desde un punto de vista crítico-práctico (para usar una vez más la célebre expresión de Marx) no veo cómo sería posible superar dicha modernidad cultural —en el sentido de desbordar sus horizontes históricos de pensamiento— si descartamos una crítica interna de su racionalidad científica. Una crítica externa, instalada en alguna esfera trascendental ahistórica, sólo da lugar a “metanarrativas filosóficas” que nos condenan a una mera convivencia disconforme pero carente de consecuencias pragmáticamente relevantes para nuestra comunidad. Sugiero por ello que sólo desde una narrativa históri-

esto es en nuestra reciente disposición a hablar sobre ‘occidente’ no como una aventura permanente y tentativa en la que participamos, sino más bien como una estructura de la que podemos apartarnos para inspeccionarla a distancia... Refleja el pesimismo sociopolítico que ha azotado a los intelectuales europeos y norteamericanos desde que tácitamente renunciamos al socialismo sin convertirnos en defensores del capitalismo —desde que dejó de plantearse a Marx como alternativa a Nietzsche y a Heidegger. Este pesimismo, que en ocasiones se llama a sí mismo ‘post-modernismo’, ha suscitado la convicción de que la esperanza de una mayor libertad e igualdad que caracterizó a la reciente historia de occidente fue en algún sentido profundamente engañosa. Los intentos post-modernos por englobar y recapitular occidente han hecho que sea cada vez más tentador contrastar occidente en su conjunto con el resto del mundo... que se empiece a utilizar ‘oriente’ o ‘los modos de pensamiento no occidentales’ como nombres de una misteriosa fuerza redentora, como algo que aún puede ofrecer una esperanza.

Tengo mis dudas sobre semejantes intentos por hacer la síntesis de Occidente, por tratarlo como un objeto acabado que ahora estamos en situación de someter a análisis estructural. En particular deseo recusar la tendencia a dar por supuesto el relato de Heidegger acerca de Occidente... Este mensaje consiste sustancialmente en la afirmación de que Occidente, por utilizar una de las expresiones favoritas de Heidegger, ha ‘agotado sus posibilidades’...”. Rorty, Richard; *Ensayos sobre Heidegger...*, op. cit., (2), pp. 102-103. 342 “la detallada narrativa histórica... que... ocuparía el lugar de las metanarrativas filosóficas... no desenmascararían algo creado por un poder denominado ‘ideología’ en nombre de algo no creado por el poder, denominado ‘validez’ o ‘emancipación’. Simplemente explicarían quién está obteniendo y utilizando actualmente el poder y para qué fines, y sugiriendo luego (al contrario de Foucault) cómo otras personas pueden conseguirlo y utilizarlo para otros fines”. *Ibid.*, p. 243.

ca resulta posible una crítica immanente que podría evitarnos un apresurado salto al vacío.

La consecuencia de este énfasis es sugerir que no nos encontramos frente a una esfera trascendental e históricamente inmodificable de identidad poder-verdad en ninguna de las variables de dicho metarrelato (Adorno, Marcuse, Habermas, Heidegger, Derridá, etc.), ni ante su opuesto complementario, una dogmática separación de esferas de verdad y de poder (razón teórica y razón práctica) que ubica los criterios de validez en alguna esfera trascendental de "condiciones de posibilidad" o "analiticidad", divorciadas de las condiciones históricas de realidad. Ambas perspectivas clausuran dogmáticamente el espacio de la creatividad del trabajo y la imaginación humana con anuncios apocalípticos sobre el "fin de la historia", "el fin de la filosofía y el arte", el "fin de las ideologías", el "fin de Occidente", etc., como resultado de la reificación que han realizado de los propios productos culturales humanos, ocultando su contingencia histórica y convirtiéndolos en dioses homéricos que fijan de manera inexorable el destino de los hombres.

Tal es el sentido último de mi investigación.

the first of these is the fact that the majority of the population of the United Kingdom is now aged 40 or over. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was aged 20 or under. The second factor is the fact that the majority of the population is now married. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was single. The third factor is the fact that the majority of the population is now employed. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was unemployed. The fourth factor is the fact that the majority of the population is now living in urban areas. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in rural areas. The fifth factor is the fact that the majority of the population is now living in a two-parent family. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in a single-parent family. The sixth factor is the fact that the majority of the population is now living in a nuclear family. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in an extended family. The seventh factor is the fact that the majority of the population is now living in a middle-class family. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in a working-class family. The eighth factor is the fact that the majority of the population is now living in a white family. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in a black family. The ninth factor is the fact that the majority of the population is now living in a Christian family. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in a non-Christian family. The tenth factor is the fact that the majority of the population is now living in a heterosexual family. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in a homosexual family.

The first of these factors is the fact that the majority of the population is now aged 40 or over. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was aged 20 or under. The second factor is the fact that the majority of the population is now married. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was single. The third factor is the fact that the majority of the population is now employed. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was unemployed. The fourth factor is the fact that the majority of the population is now living in urban areas. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in rural areas. The fifth factor is the fact that the majority of the population is now living in a two-parent family. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in a single-parent family. The sixth factor is the fact that the majority of the population is now living in a nuclear family. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in an extended family. The seventh factor is the fact that the majority of the population is now living in a middle-class family. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in a working-class family. The eighth factor is the fact that the majority of the population is now living in a white family. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in a black family. The ninth factor is the fact that the majority of the population is now living in a Christian family. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in a non-Christian family. The tenth factor is the fact that the majority of the population is now living in a heterosexual family. This is a significant change from the 1950s when the majority of the population was living in a homosexual family.

XI

Del atomismo a la teoría contextual del significado

QUISIERA CONTESTAR A DOS OBSERVACIONES hechas por dos miembros del jurado informante designado por nuestra universidad, los doctores Luis Piscocoya Hermoza y Antonio Peña Cabrera, quienes desde puntos de vista muy diferentes —y tal vez contrapuestos entre sí— cuestionaron asuntos filosóficos medulares del presente texto, lo que para mí no es en absoluto sencillo. Si bien no estoy seguro de que mis respuestas sean plenamente satisfactorias, aspiro a que en el peor de los casos permitan situar los problemas en términos de un debate genuinamente filosófico.

Las objeciones planteadas, según mi entender, serían básicamente las siguientes:

- a. Según Luis Piscocoya, en mi tesis no quedan claras las razones de las conexiones que pretendo establecer entre los presupuestos metafísicos de la Física moderna (el atomismo) y la sociedad y cultura burguesa moderna. Concluye por tanto que dicha “conexión” resulta irrelevante para demostrar la tesis del compromiso ontológico atomista de la Física moderna. Sospecho que, desde un punto de vista opuesto, Antonio Peña ve también este aspecto como

cuestionable, al afirmar que “la conclusión octava surge sorpresivamente al final”, es decir, no se deduce de mi argumentación anterior (ver al respecto Anexos II y III del presente libro).

- b. En segundo lugar, para Luis Piscoya, en mi tesis tampoco quedarían suficientemente delineadas las características de la supuesta “nueva metafísica” implicada en el cambio de compromiso ontológico que atribuyo a la Física contemporánea. A su vez, para Antonio Peña, mi tesis defiende un “punto de vista tradicional”, ya que veo la ciencia como un “desarrollo progresivo” y no tomo en cuenta las “rupturas epistemológicas” ni la “inconmensurabilidad de los paradigmas” existentes entre las teorías físicas modernas y las contemporáneas³⁴³.

Admito que mi tesis está centrada en el afán de demostrar que al interior de la misma Física teórica moderna existe un compromiso

343 Aspiro a que el problema de la “inconmensurabilidad de las teorías” esté explícitamente respondido en el Capítulo X (sobre las teorías cuasiconjuntistas) redactado posteriormente a las observaciones planteadas. En mi opinión, se trata de un problema básicamente operacional y no es en sí mismo filosóficamente relevante. Los científicos comparan usualmente teorías divergentes, para lo que apelan a procedimientos teóricos y meta-teóricos del tipo de la convención *T* de Tarsky, para justificar racionalmente sus decisiones y opciones.

Pero en lo que se refiere a la “inconmensurabilidad de los paradigmas”, el problema y su respuesta es de otra naturaleza. Aquí no se trata de comparar teorías cerradas o axiomáticas, sino concepciones culturales globales que constituyen “semiconjuntos” difusos y abiertos difícilmente equiparables. Lo que aquí enfrentamos es propiamente la concepción del relativismo conceptual o cultural (o intercultural). Y ésta puede resumirse en la siguiente versión de Davidson: “Cada uno de nosotros ocupa su propia posición en el mundo y tiene, por tanto, su propia perspectiva del mundo. Es fácil dejarse deslizar desde esta verdad obvia hacia una noción confusa del relativismo conceptual (...) cada uno de nosotros habita, en algún sentido, un mundo propio (...) se entiende por relativismo cultural la idea de que los esquemas conceptuales y los sistemas morales, o los lenguajes asociados a ellos, pueden diferir globalmente entre sí, hasta el punto de ser mutuamente ininteligibles o inconmensurables, o de situarse para siempre más allá del alcance de un dictamen racional... Entre distintas épocas, culturas y personas hay, desde luego, contrastes que todos reconocemos... los problemas se presentan sólo cuando intentamos incluir la idea de que podría haber diferencias más globales, ya que esto parece exigir de nosotros (de manera absurda) que adoptemos una actitud externa a nuestro propio modo de pensar”. Davidson, Donald; “El mito de lo subjetivo”, en *Mente, mundo y acción*. Barcelona, 1992, Paidós, pp. 51-52.

ontológico con una metafísica atomista del mundo. Ciertamente no constituyó su objetivo primario, demostrar la relación existente entre esta metafísica y los requerimientos materiales y culturales de la sociedad burguesa moderna.

Más aún, esta tarea resultaría imposible si aceptamos acríticamente el requerimiento moderno de cientificidad que reduce nuestros criterios de demostración racional a procedimientos exclusivamente analíticos. Por ello comenzaremos con una crítica de la concepción reduccionista del significado a la que ella está asociada. Luego procederemos a una nueva lectura hermenéutica de dicha relación o conexión histórica para mostrar que no es arbitraria, ni irrelevante, ni tampoco sorpresiva, sino que es estrechamente compatible con la aceptación de la primera tesis. Eso es lo que voy a tratar de mostrar ahora.

La conjetura de Hegel

La denuncia del compromiso ontológico atomista –como principio metafísico y método racional de la ciencia natural y social modernas– no es una creación novísima del que habla. Me parece que fue originariamente planteada por Hegel.

En sus *Lecciones sobre la historia de la filosofía*, Hegel consideró importante a Leucipo no sólo por ser “el creador del célebre sistema atomístico”, sino por el hecho de haber sido “redescubierto en los tiempos modernos” convirtiéndose su metafísica en “el principio de la investigación racional de la naturaleza”³⁴⁴.

De la misma manera volvió a insistir en el tema al referirse posteriormente a Epicuro: “La filosofía de la naturaleza de Epicuro... sigue siendo en realidad el método de nuestros días”³⁴⁵. Mas aún, el mismo Hegel, y después de él Marx, generalizaron la importancia de este principio metafísico en sus respectivas críticas al discurso liberal moderno, tanto en las teorías contractualistas sobre la sociedad civil

344 Hegel, *Lecciones sobre la... op. cit.*, T.I, Sec. I, Cap. I-E, p. 278.

345 *Ibid.*, p. 389.

y el Estado de origen rousseauiano, como en las teorías de la economía política clásica (Smith) y la filosofía moral británica³⁴⁶.

Fue Hegel quien observó con suma agudeza la estrecha compatibilidad existente entre el atomismo como principio metafísico y el llamado espíritu laico de la modernidad burguesa. Dicho principio le proporcionó la base para su rechazo a toda metafísica teleológica, “contra todo lo que fuese invención fantástica y arbitraria de causas” y como principio de oposición a toda “superstición” y de “negación de lo suprasensible... de aquí que la física epicúrea se hiciese famosa también por el hecho de haber ilustrado a los hombres en relación con los fenómenos físicos, desterrando de sus mentes el temor a los dioses... y admitiendo solamente causas finitas”³⁴⁷.

Según Hegel, dicho principio ofreció la base para una concepción de la naturaleza y de la ciencia natural autónomas “opuesta a la noción de creación y de un mantenimiento del universo, por un ser extraño... la concepción de los atomistas, lleva consigo la concepción del ser en sí de la naturaleza... la naturaleza lleva el fundamento en sí misma... el átomo y el vacío no son sino esos conceptos simples”³⁴⁸.

El atomismo se caracteriza, según Hegel, por ofrecer una concepción totalmente discontinua del mundo, en la medida que sus entes fundamentales (los átomos) existen originariamente independientes de sus relaciones (en el vacío). “Los átomos, incluso cuando aparecen unidos en lo que llamamos cosas, se hallan separados entre sí por el vacío, que es, para ellos algo puramente negativo y extraño; es decir, que su relación no se da en ellos mismos, sino que es algo distinto de lo que ellos son”³⁴⁹. Para Hegel, debido a la “existencia independiente” de estos átomos “en cuanto partículas”, el mundo natural resulta “un todo complejo puramente externo y contingente”³⁵⁰.

346 Cf. *Ibid.*, T. I., pp. 281-282, y C. Marx; *Diferencia de la filosofía de la naturaleza en Demócrito y Epicuro*. Madrid, 1971, Ed. Ayuso, pp. 13-58 y *El Capital*, *op. cit.*, T. I., p. 55.

347 Hegel; *Lecciones sobre la...*, *op. cit.*, T. II, pp. 393-394.

348 *Ibid.*, T. I, p. 283.

349 *Ibid.*, T. I, pp. 282-284.

350 *Ibid.*, Recordemos al respecto, la conocida proposición de Wittgenstein: “Los hechos atómicos son independientes los unos de otros”. Cf. *Tractatus...*, *op. cit.*, Prg. 2.061.

Finalmente, vale la pena también recordar que si bien Hegel reconoció el gran “progreso” que el atomismo implicó para nuestra comprensión racional de la naturaleza, no dejó de subrayar la “estrechez” y las implicancias paradójicas que este punto de vista originaría en cuanto se pretendiera generalizarlo como una comprensión racional del mundo como un todo: “No cabe duda de que estos principios representan un gran progreso, no obstante, estos mismos revelan también toda su pobreza, tan pronto como se trata de proyectarlos sobre ulteriores determinaciones concretas”³⁵¹.

Hegel concluyó pronosticando que tan pronto como se extendieran estos principios a “una concepción más amplia y rica de la naturaleza... desaparecerá la solución satisfactoria y se comprenderá la imposibilidad de avanzar por este camino”³⁵².

En nuestro siglo, dicha conjetura ha sido refrendada en un doble aspecto –metodológico y ontológico– por dos notables pensadores contemporáneos: el llamado “segundo Wittgenstein” (el de las *Investigaciones filosóficas*³⁵³), y el llamado “primer Heidegger” (el de *El ser y el tiempo*³⁵⁴). Mi investigación sólo se remite a intentar probar estas notables y premonitorias conjeturas filosóficas mediante el análisis de la evolución histórica interna de las teorías y conceptos fundamentales de la Física moderna y contemporánea³⁵⁵.

Por supuesto que este acuerdo no implica asociarme a la filosofía hegeliana del Ser, ni mi consideración sobre la historicidad de la conciencia significa (al igual que Gadamer en *Verdad y Método*) adherir su filosofía de la historia universal. Finalmente, mi pretensión tiene poco que ver con el objetivo de producir un metarrelato de tal magnitud.

351 Hegel; *ibid.*, T. I, p. 281.

352 *Ibid.*, T. I, p. 284.

353 Wittgenstein, Ludwig; *Investigaciones filosóficas*. Barcelona, 1988, Ed. Crítica/UNAM.

354 Heidegger, M.; *El ser y el...*, *op. cit.*

355 “Desde el punto de vista tanto de las *Investigaciones filosóficas* como de *Ser y tiempo*, el error típico de la filosofía tradicional es imaginar que pueda haber, que en realidad y de algún modo deba haber, entes atómicos en el sentido de ser lo que son independientemente de su relación con cualesquiera otras entidades...”. Rorty, Richard; *Ensayos sobre Heidegger y otros...*, *op. cit.*, p. 91.

Reduccionismo y representacionismo

De mi investigación histórico-teórica se puede inferir razonablemente que la Física newtoniana sólo pudo desarrollarse y legitimarse institucionalmente –hasta convertirse en sentido común y paradigma social de cientificidad– al interior de un contexto u horizonte de civilización material y cultural burguesa, porque sus categorías teóricas y metafísicas guardaban una estrecha continuidad con las relaciones laborales y con las imágenes culturales creadas por tal sociedad. En ello reside la clave del éxito y también de ciertos límites a la universalidad de dicha visión del mundo³⁵⁶.

Esto no resulta evidente a primera vista, debido precisamente al compromiso gnoseológico que dicha ontología engendra, a saber: una *concepción reduccionista del significado* de nuestros enunciados y de nuestros discursos en general, y una *concepción representacionista de la verdad*.

En lo que sigue voy a sostener que la crítica de este compromiso ontológico de la ciencia moderna ha tenido dos vertientes funda-

356 Un estudio reciente hecho por el físico de la UNI, Dr. Benjamín Marticorena, sobre la situación de la investigación científico-natural en el Perú, muestra –con una amplia información histórica y abundante casuística disciplinaria– las inmensas “dificultades individuales” y “obstáculos institucionales” que tienen que salvarse en nuestro país para “producir un régimen estable de acumulación científica”. Según él, la causa de estos problemas reside en el hecho de que: “La ciencia, como producto principal de la racionalidad, requiere, para incubarse y desarrollar, de un medio social en el que el pensamiento crítico haya logrado respetabilidad. Y ésta debe darse no sólo en los círculos académicos, sino en el nivel público y en el de la institucionalidad civil. Para que la ciencia arraigue en la sociedad, es preciso que los intereses de sus agentes (tanto intelectuales como económicos y políticos) coincidan en el apoyo al estudio racional de la naturaleza... favoreciendo el desarrollo de las ciencias básicas (Física, Biología, Química y Matemáticas), cuyos descubrimientos son el fundamento de las ciencias aplicadas (Ingeniería, Medicina, etcétera), que son las más visiblemente vinculadas al paradigma del desarrollo moderno... Que la sociedad respalde esta cualidad investigadora y crítica en sus comunidades científicas y productivas –tomadas en sentido amplio– obedece a diversas exigencias convergentes de la economía, de la cultura y de la política”. Marticorena, Benjamín; *La ciencia en el desarrollo. La investigación científica en el Perú*. Lima, 1997, Fundación Friedrich Ebert, pp. 11 y 21. Ver también del mismo autor: “La altura como ámbito de creación científica”, en *Allpanchis*, Cusco, setiembre de 1994, IPA, N° 43/44, p. 117.

mentales en el debate filosófico contemporáneo alrededor de estos dos puntos. De ahí que cuando hablamos del “compromiso ontológico” de la ciencia moderna, éste puede afirmarse en dos sentidos.

En primer lugar, en un sentido metodológico³⁵⁷; esto es, una comprensión de los significados y referencias de nuestros vocabularios, oraciones, discursos y lenguaje en general, como una representación gnoseológica directa y transparente de la naturaleza (como “cosas” externas) o de pensamientos (como entidades lingüísticas ideales autónomas)³⁵⁸. A primera vista parece que existe una muralla china entre el llamado “contexto del descubrimiento o de la investigación” (de naturaleza socio-histórica o subjetiva) y el llamado “contexto de validación o justificación” (esquema propiamente lingüístico y contenido objetivo) de nuestras teorías científicas³⁵⁹.

357 Quiero responder con esto al viejo desafío de Alfred Ayer, según el cual *no hay ninguna relación entre el método analítico y la metafísica atomista*, pues éste sólo consiste en una teoría lingüística (lógico-semántica) del significado: “...los críticos del método analítico suponen por lo común que tiene una base metafísica. Engañados por las asociaciones de la palabra ‘análisis’ dan por sentado que el análisis filosófico es una actividad de disección, que consiste en ‘desmenuzar’ objetos en sus partes constitutivas hasta llegar finalmente a exhibir el universo entero, como un agregado de ‘meros particulares’, unidos por relaciones externas. Si esto fuera realmente así... decir que el universo es un agregado de meros particulares sería tan carente de sentido como decir que es Fuego o Agua o Experiencia... ninguna observación posible podría permitirnos verificar una aserción semejante (...) Pero en realidad, la validez del método analítico no depende de ningún supuesto empírico, y mucho menos metafísico, sobre la naturaleza de las cosas... de las propiedades físicas de las cosas; sólo se ocupa de la forma en que hablamos de ellas. En otras palabras, las proposiciones de la filosofía no son fácticas, sino que tienen un carácter lingüístico...”. Ayer, Alfred; *Lenguaje, verdad y lógica*. Buenos Aires, 1965, EUDEBA, pp. 67-69.

358 “No puede haber error alguno, por supuesto, en la máxima metodológica de que, cuando surgen enrevesados problemas acerca de los significados, la referencia, la sinonimia, etcétera, deberíamos recordar que dichos conceptos, al igual que los de palabra, oración y lenguaje mismos, se abstraen de las transacciones y el medio social que les dan el contenido que tienen (...) sólo puede resultar en confusión, el tratar estos conceptos como si tuvieran una vida propia”. Davidson, Donald; *De la verdad y la interpretación*. (Inquiries into truth and interpretation). Barcelona, 1990, Gedisa, Cap. 10, p. 153.

359 Cf. Hans Reichenbach; *Experience and prediction*. Chicago University Press, 1938, pp. 6-7. Al respecto, Carl G. Hempel ha caracterizado recientemente esta distinción como un elemento definitorio de lo que él llama “empirismo analítico”. Incluye en esta tendencia no sólo a los empiristas lógicos de los círculos de Viena y Berlín, sino también a pensadores como Popper, Nagel, Braithwhite etc.: “El empirismo analítico contempla a la

Esta fue, de hecho, una tesis fundamental del neopositivismo lógico contemporáneo. ¿Cuál fue la fuente de esta distinción? Ella parece verosímil –como mostró Quine– sólo si asumimos previamente el dogma reduccionista del significado, según el cual, nuestros enunciados sobre el mundo sólo tienen sentido si son reducibles en última instancia a proposiciones simples e independientes (llamadas atómicas), las cuales describen nuestra experiencia inmediata en términos de hechos (también atómicos). Esto hechos no son otra cosa que “una combinación de objetos (entidades o cosas)”, donde “el objeto es simple”, y por tanto algo en sí mismo: “los objetos forman la sustancia del mundo. Por eso no pueden ser compuestos”³⁶⁰.

Una de las ideas centrales de los *Principia...* de Russell y del *Tractatus...* de Wittgenstein era el atomismo lógico, el cual, entre

filosofía de la ciencia como una disciplina que, por el “análisis lógico” y la “reconstrucción racional”, busca “explicar” el significado de los términos y los enunciados científicos, y mostrar la estructura lógica y la base empírica de las teorías científicas. La filosofía de la ciencia es considerada por tanto, como interesada exclusivamente en las características lógicas y sistémicas... Los aspectos psicológicos, sociológicos e históricos de la ciencia como actividad humana se considera que son tan impertinentes para la filosofía de la ciencia como lo son la génesis y la psicología del pensamiento humano para la lógica pura...”. Cf. Carl G. Hempel; “Selección de una teoría en la ciencia: perspectivas analíticas vs. pragmáticas”, en *La filosofía y las revoluciones científicas*. México, 1979, Grijalbo, p. 115.

360 Wittgenstein, Ludwig; *Tractatus...*, op. cit., Prgs., 2. 01, 2. 02 y 2. 021. Esto me permite sugerir la tesis de que existe una identidad plena entre el método analítico-reduccionista de la Física moderna y la filosofía analítico-empirista contemporánea. El filósofo español Javier Muguerza ha subrayado con acierto esta coincidencia: “La misma ciencia moderna –la llamada ciencia galileana– suele hoy, según es bien sabido, dejarse tildar de ‘analítica’ por contraposición a la también llamada ‘nueva ciencia’... inspirada en la teoría general de sistemas... la práctica de esa ciencia, digamos ‘analítica’, tuvo que ver no poco con la autodenominación que los filósofos analíticos dieron originariamente a su quehacer. Así como el científico –supongamos el químico– analiza una determinada parcela de la realidad, el mundo de los compuestos orgánicos o inorgánicos, lo mismo hace el filósofo al analizar esta o la otra parcela de ese instrumento –a saber, el lenguaje– del que usualmente nos servimos... para hablar de la realidad, la misión del filósofo de la ciencia sería en tal caso el análisis del lenguaje científico... la *Nomenclature chimique* de Lavoisier se ha visto convertida por los filósofos analíticos de la ciencia en punto menos que su santo y seña.” Javier Muguerza; “La crisis de la filosofía analítica de la ciencia”, en *La filosofía y las revoluciones científicas*, op. cit., pp. 193-194.

otras cosas, afirmaba que los valores de verdad de los enunciados simples son independientes unos de otros. A ello le siguió la teoría verificacionista del Círculo de Viena, que en su versión inicial suponía que los enunciados científicos se caracterizaban por ser verificables o refutables por experiencia directa³⁶¹.

Si bien esta perspectiva fue progresivamente modificada por la tesis de la “confirmación” y finalmente sustituida por la tesis “falsacionista” o de la “contrastación” de Popper, según la cual no son los enunciados sino las teorías en su conjunto las que se someten a contrastación experimental, ello no significó un viraje hacia el holismo epistemológico hoy dominante —del cual Popper es un crítico radical³⁶²— sino a la inversa, la consideración reduccionista de las teorías como una inmensa macro-proposición cuya validez empírica se encuentra sujeta a los mismos criterios decisorios de una proposición (*Modus ponendo ponens*). En ello se sostiene el principio de falsación de las teorías científicas. Y con ello también quiero sugerir que “el atomismo positivista queda peligrosamente disfrazado en un nuevo atomismo de los sistemas”³⁶³.

La creencia atomista-reduccionista del significado supone, en consecuencia, que un enunciado o teoría aislada puede tener confirmación o invalidación de manera individual e independientemente de su contexto³⁶⁴.

361 “¿En qué consiste entonces el significado de una palabra? ¿Qué estipulaciones debe establecerse respecto a una palabra para que ésta tenga un significado... En primer lugar debe fijarse la sintaxis de una palabra, es decir, la manera como se presenta en la forma proposicional más simple en la que pueda aparecer; llamaremos a esta forma proposicional, su *proposición elemental* (...) De esta manera cada palabra del lenguaje es retrotraída a otras palabras y finalmente a las palabras que aparecen en las llamadas ‘proposiciones de observación’ o ‘proposiciones protocolares’. A través de este retrotraimiento es como adquiere su significado una palabra”. Carnap, Rudolf; *La superación de la metafísica por medio del análisis lógico del lenguaje*. México, 1961, UNAM (1ª ed. en esp.), pp. 9-10.

362 Cf. al respecto, Popper, Karl R.: *La miseria del historicismo*. Madrid, 1961, Taurus, Cap. I, 7, pp. 32-34.

363 Caravedo, Rocío; *La competencia lingüística, crítica de la génesis y desarrollo de la teoría de Chomsky*. Madrid, 1990, Gredos, pp. 117-118.

364 Bertrand Russell dio en sus *Principia* la siguiente definición funcional de la condición de significación individual: “We saw that atomic propositions are of one of the series of forms: $R_1(x)$, $R_2(x,y)$, $R_3(x,y,z)$, $R_4(x,y,z,w)$,... R_n cannot occur in an atomic proposi-

Claridad y distinción cartesiana

Se trata, en realidad, de una tesis gnoseológica fundante del discurso filosófico de la modernidad. En cierto modo se podría decir que ella fue formulada por Descartes al tratar de definir su concepto de “claridad y distinción” de las ideas:

Llamo clara a aquella que está presente y manifiesta a la mente atenta, como cuando decimos que vemos claramente las cosas que, presentes al ojo que las mira, lo impresionan con bastante fuerza y claridad. En cambio llamo distinta a la que siendo clara está tan precisamente separada de todas las otras, que no contiene en sí absolutamente nada más que lo que es claro³⁶⁵.

La claridad y distinción cartesiana de una idea consiste en la *completa determinación de su significado* (lo que necesariamente es), despojada de sus relaciones con todo lo demás (lo que no es, o lo que puede ser o no ser). En ello consiste llegar a su naturaleza simple, y tal es la base de su certeza puntual.

El procedimiento analítico reduccionista mediante el cual llegamos a dichas naturalezas simples o esenciales es posible, a su vez, si suponemos la continuidad de los elementos de un conjunto (el todo igual a la suma de sus partes). Ello condujo a Descartes a dos ideas

tion... Terms which can occur in any form of atomic proposition are called ‘individuals’ or ‘particulars’... An ‘individual’ is anything that can be the subject of an atomic proposition”. Whitehead & Russell; *Principia Mathematica*, op. cit. p. XIX.

365 Descartes, R.; *Los principios de la filosofía*. Buenos Aires, 1951, Losada, pp. 21-22. Este punto fue el que dio lugar a que Bachelard caracterizara la ciencia y la epistemología contemporáneas como “no-cartesianas”, en el sentido de que metodológicamente las primeras son analíticas o reductivas, mientras que las actuales serían sintéticas. Ontológicamente la ciencia moderna sería “cosista”, mientras que la contemporánea sería “relacional” y “sistémica”. La claridad de la primera reside en el criterio de simplicidad, mientras que la contemporánea busca una claridad operativa. Según Bachelard, “el criterio de simplicidad conduce al causalismo y al determinismo, mientras que el criterio operativo conduce a simetrías matriciales complejas y probabilidades.” Cf. G. Bachelard; *El nuevo espíritu científico*. Lima, 1972, UNMSM, pp. 38, 56, 107, y Cap. VI, pp. 139 y ss.

analíticamente irreductibles. Por un lado, la idea de “cuerpo físico”, de cuyas diversas cualidades podemos dudar menos de su propia extensión (continuidad), pues sería suponer la existencia de la nada. El análisis tiene por tanto que detenerse –si no quiere contradecirse– en la existencia necesaria de partes extensas extremadamente pequeñas, últimas (“*petites parties*”).

La otra idea es la de “pensamiento”. Podemos dudar de todas nuestras ideas sobre el mundo pero no del hecho inmediato de que dudamos, esto es, de la existencia irreductible del pensamiento mismo, sin caer en contradicción (discontinuidad). De ello se sigue que se trata de entidades o conjuntos claros y distintos y, por tanto, substancialmente independientes. Pero en este punto la noción de simplicidad (claridad y distinción) que supone la continuidad se muestra problemática, precisamente por su ausencia de relaciones.

En efecto, a la claridad y distinción de la primera reducción llegamos por observación externa en la medida que los cuerpos físicos habitan un espacio público común, determinable observacionalmente. A la segunda reducción llegamos, sin embargo, por evidencia interna (introspección) en la medida que la mente habita un espacio privado sujeto únicamente a la autoridad inmediata de la primera persona.

Ello planteó dos enigmas básicos a la epistemología moderna. Primero, ¿cómo es posible la relación causal (necesaria y no accidental) entre la mente y los cuerpos en el conocimiento y la acción, si entre ellos no suponemos continuidad? Segundo, ¿cómo es posible la relación cognitiva y comunicativa con las otras mentes igualmente privadas, si por propia definición no existe continuidad entre ellas? En efecto, el reduccionismo analítico atomista volvió enigmáticas las relaciones causales, cognitivas y comunicativas, dando lugar al escepticismo y solipsismo modernos.

Ello remitió el problema del conocimiento a la búsqueda de un instrumento mediador del abismo creado, a la búsqueda de un lenguaje cuyos signos, a la vez que expresaran pensamientos, estuvieran al mismo tiempo situados en un espacio público. Aquello que Galileo llamó “el lenguaje de la naturaleza”, Descartes, “*mathesis universalis*”, Leibniz “*ars combinatoria*” y Hobbes, “cómputo de palabras signo”, que permitiera establecer los “*Principia mathematica*” (New-

ton) de la filosofía natural entre la mente y las cosas. En otras palabras, dotar de "cuerpo" a las palabras mediante un cálculo extensional o "*more geometrico*" (Spinoza). Y, por otro lado, una "Gramática universal" (Port Royal) que explicara la enigmática comunicación entre las distintas mentes, trascendiendo la autoridad de la primera persona.

La doctrina de los signos de Locke

Tal como lo prescribió programáticamente John Locke, el problema de la filosofía natural y la filosofía moral modernas se trasladó progresivamente a la "doctrina de los signos" como una suerte de Filosofía primera:

La materia de esta ciencia consiste en considerar la naturaleza de los signos de los que la mente hace uso para entender las cosas, o para comunicar sus conocimientos a los otros... la consideración de las ideas y las palabras como instrumentos del conocimiento, forma una parte no despreciable... del conocimiento humano en toda su extensión. Y si estos instrumentos fueran objeto de una esmerada ponderación y de un estudio cuidadoso, quizá nos ofrecerían otra clase de lógica y de crítica, distintas de las que hasta aquí han sido frecuentes³⁶⁶.

¿Cómo es posible aislar la significación? Sólo si suponemos la existencia de entidades abstractas que por sí mismas pueden ser verdaderas o falsas, a las que denominamos "proposiciones" o "enunciados" (*statements*). "Una vez que el filósofo ha admitido proposiciones en su ontología... toma infaliblemente las proposiciones... como los objetos que son verdaderos o falsos"³⁶⁷. Dichas entidades pueden ser definidas como un *quantum* o mínimo de información, "comparable" con una observación objetual (empírica) o con otra entidad lingüística análoga (por sinonimia) que posea una información equivalente (analítica).

366 Locke, John; *Ensayo sobre el entendimiento humano*. Madrid, 1980, Editora Nacional, Vol. 2, Libro Cuarto, Cap. XXI, Prg. 4, pp. 1068-1069.

367 Quine, W.V.; *Filosofía de la lógica*, op. cit., p. 23.

Dicha teoría objetualista del significado presupone “una matriz previamente dada de alternativas de blanco y negro (...) Hablando idealmente se puede decir que una física corpuscular ofrece una matriz de alternativas y, por tanto, un concepto absoluto de información objetiva”³⁶⁸. En consecuencia, la tesis de la “puntualidad” de la significación (lógica y empírica) no sólo supone la posibilidad de un lenguaje objetivo perfecto, sino que conlleva de antemano su propio “método de verificación”³⁶⁹. De ahí que el famoso “principio de verificación” elaborado por el empirismo lógico como criterio de demarcación entre un discurso científico y uno metafísico, no pudo ser caracterizado ni como tautológico ni como empírico, sino como una “definición” de carácter *ad hoc*³⁷⁰.

Lo importante en este punto es enfatizar que se trata de un supuesto lógico-semántico fundamental del método analítico-reduccionista que caracterizó la Mecánica moderna y uno de los dogmas metafísicos esenciales del neopositivismo lógico contemporáneo.

Transparencia y verdad: Frege

Fue posiblemente el gran matemático, lógico y filósofo alemán Gottlob Frege, el primero que convirtió dicho supuesto lógico-semántico de significación en criterio epistemológico de verdad del conocimiento científico, como una relación de correspondencia entre conceptos y objetos³⁷¹.

368 *Ibid.*, p. 25.

369 *Ibid.*

370 “... el propio principio de verificabilidad parecía ser inverificable. El vocabulario que había de subsumir a todos los demás vocabularios no satisfacía sus propias especificaciones como buen vocabulario... una proposición que estableciese las condiciones para ser una proposición, terminaba por no tener sentido en sí misma, por no ser ella misma una proposición”. Rorty, Richard; *Ensayos sobre Heidegger...*, op. cit., p. 133.

371 Tres célebres artículos escritos entre 1892 y 1895, constituyen posiblemente la versión más elaborada de sus tesis lógico-semánticas: “Sobre sentido y denotación”, “Sentido y denotación de las palabras de concepto” y “Sobre concepto y objeto”, en Frege, Gottlob; *Siete escritos sobre lógica y semántica*. Santiago, 1972, Ed. Universitaria de Valparaíso (Introducción, traducción y selección de Alfonso Gomez-Lobo), pp. 47-103.

Frege realizó una triple distinción de niveles de significación conceptual en las palabras, expresiones y oraciones completas. En primer lugar, distinguió en un signo, además de lo designado (el objeto de referencia o denotación), el “sentido” que le otorga significación³⁷².

Una segunda distinción estructural entre los signos de una oración es la existente entre los *nombres propios* (*eigenname*), cuya denotación es siempre un objeto singular determinado (el nombre está en lugar de dicho objeto en la oración), y los *signos de concepto*, cuya denotación es una relación, esto es, su sentido no implica necesariamente una referencia particular³⁷³.

Una tercera consiste en que “La denotación y el sentido de un signo debe distinguirse de la representación (*vorstellung*) unida a dicho signo”. Para Frege, mientras “la denotación de un signo es un objeto sensible, la representación que me hago de él es una imagen interior... La representación es subjetiva: la representación que tiene un individuo no es la que tiene otro”³⁷⁴.

En resumen, la *denotación* de un nombre (su referencia) es el objeto mismo que designamos con él. La *representación* es la imagen del sujeto. Y “entre ambos está el *sentido*, que ya no es subjetivo como la representación, pero que tampoco es el objeto mismo”³⁷⁵. Según Frege, la fuente de todas las oscuridades y confusiones metafísicas es la identificación del “sentido” (significado) con el concepto y de la denotación (referencia) con el nombre, cuando en realidad cada uno puede poseer naturalmente ambos, dependiendo del “uso” y no de los signos mismos. De aquí surge su gran distinción epistemológica básica:

En la poesía, las palabras tienen sólo sentido, pero en la ciencia, y donde quiera que nos preocupe la pregunta por la verdad, no nos

372 De ahí su célebre ejemplo sobre la diferencia entre nombres como “lucero del atardecer” y “lucero del alba” que aun cuando denotan el mismo objeto poseen sentidos diferentes. Cf. *ibid.*, p. 49.

373 “Por el hecho de haber captado un sentido no se posee aún con seguridad una denotación”. *Ibid.*, p. 50.

374 *Ibid.*, p. 51.

375 *Ibid.*, p. 52.

damos por satisfechos con el sentido, sino que asociamos una denotación a los nombres propios y a las palabras de concepto”³⁷⁶.

Para Frege, la confusión metafísica se origina fundamentalmente en las expresiones conceptuales, en la medida que en éstas la objetividad desaparecería debido a que no parecen denotar (referir) ningún objeto particular como los nombres, dando la impresión de que no existe una clara diferencia entre un *predicado conceptual* y un *predicado metafórico*, que tiene sentido pero no denotación. El límite entre ciencia y poesía parece entonces borroso. Pero esta ambigüedad desaparece cuando usamos “oraciones asertivas” de manera “conforme a la lógica”.

En efecto, en las expresiones conceptuales la referencia no es un objeto extralingüístico, sino que viene dada por la extensión de un concepto (en sentido conjuntista) u “objeto conceptual”, de manera que un objeto es equivalente a otro (puede sustituirlo) sin afectar su función de verdad, si y sólo si, tienen “la misma extensión conceptual”³⁷⁷. Su valor de verdad depende de la pertinencia o no con la cual el objeto conceptual cae o no dentro del argumento.

En consecuencia, para Frege: “Si a uno le interesa la verdad –y a la verdad apunta la lógica– debe preguntar también por las denotaciones, debe rechazar nombres propios que no designen o nombren ningún objeto, por más que tengan un sentido (así mismo), debe rechazar palabras de concepto que carezcan de denotación... Y a la poesía le basta con el sentido, con el pensamiento, incluso sin denotación, sin valor de verdad; pero no a la ciencia... la denotación es siempre lo esencial para la ciencia”³⁷⁸. Por ello, cuando una oración conceptual asume una forma asertiva pero no denota un objeto conceptual (como en la metafísica), entonces ni siquiera tiene un carácter metafórico, sino que deviene en un “sinsentido”.

376 *Ibid.*, p. 77.

377 “... las palabras de concepto se pueden reemplazar entre sí, dejando a salvo la verdad, si les corresponde la misma extensión conceptual”. *Ibid.*, p. 78 y también p. 83.

378 *Ibid.*, p. 84.

Para “llenar el abismo entre concepto y objeto” –abismo en el que se instala la metafísica– Frege postuló entonces la existencia de “objetos conceptuales denotables”, análogos a los objetos sensibles denotados por los nombres, trazando así una línea epistemológica de distinción radical entre un *concepto objetivo* y una *pseudo proposición* carente de sentido definido.

Pero la definición de estos objetos conceptuales resultó problemática, precisamente por indefinible. Como él mismo lo señaló, “mi explicación no pretende ser una definición propiamente tal”, debido al postulado atomista de simplicidad que se exige a los objetos denotados por nombres: “Lo que es simple no puede ser descompuesto y lo que es lógicamente simple no puede ser propiamente definido”³⁷⁹. ¿De dónde provenía este problemático postulado epistemológico sobre la existencia de objetos conceptuales simples? De su propia concepción atomista del pensamiento y el lenguaje:

Si consideramos a los pensamientos como compuestos de partes simples, correspondiendo a éstas a su vez partes simples de la oración, se entiende que a partir de pocas partes de la oración se pueda formar una gran variedad de oraciones a las que a su vez corresponde una gran variedad de pensamientos³⁸⁰.

Compromiso ontológico atomista y dualismo

En segundo lugar, en un sentido ontológico. La tesis reduccionista del significado resulta válida, si y sólo si previamente suponemos la existencia extralingüística de entidades sustanciales simples e independientes de sus relaciones (como los átomos en el vacío), a los que nuestros enunciados corresponden y se refieren en última instancia. Estos son los llamados enunciados empíricos.

Según esta tesis, si éste no es el caso, tenemos una segunda clase de enunciados completamente distintos: los llamados enunciados

379 *Ibid.*, p. 88.

380 *Ibid.*, p. 157.

analíticos o tautológicos. Ellos no dicen nada sobre el mundo empírico (sobre cosas), ni tampoco están situados en él (como entes históricos) y sólo tienen un sentido sintáctico –como lo señaló Frege– en tanto funciones o relaciones de verdad³⁸¹. Por ello, “sintáctico” no se refiere aquí a la “sintaxis gramatical” de los llamados “lenguajes naturales”, ni tampoco a la noción de “verdad fáctica”, sino a la “sintaxis lógica” y a la “verdad lógica” de naturaleza ahistórica³⁸².

La teoría figurativa del significado de las oraciones (atómicas) y la *teoría de las funciones de verdad*, han sido llamadas ‘los dos pilares del *Tractatus*’ por G.H. von Wright (...) La idea básica de la teoría figurativa de Wittgenstein es la idea de un isomorfismo que se da

381 El filósofo uruguayo Carlos Pereda ha caracterizado de una manera muy acertada este dualismo epistemológico consagrado en la filosofía contemporánea por el empirismo lógico: “Para el empirismo lógico las instancias del conocimiento científico están constituidas por juicios analíticos (definiciones explícitas y de uso) y juicios sintéticos (“relaciones fundamentales” y “elementos fundamentales” que forman parte de esas relaciones)... Deducción y verificabilidad son sus dos operaciones fundamentales.” Cf. Carlos Pereda; “Utopías lógico-metodológicas”, en *La filosofía y las revoluciones científicas*, op. cit., p. 278.

382 “Vamos a examinar algunas pseudoproposiciones metafísicas en las que resulta especialmente obvia la violación a la sintaxis lógica, aun cuando éstas se ajusten a la sintaxis histórico-gramatical”. Carnap, Rudolf; *La superación de la metafísica...*, op. cit., p. 462. Dicho *dualismo sintáctico* es resultado también de un *dualismo semántico*, característico de la concepción epistemológica representacionista moderna del lenguaje, la cual opone la vaguedad semántica del lenguaje natural (expresivo y comunicativo) a la supuesta transparencia (claridad y distinción) y universalidad del lenguaje científico formalizado, al cual se le atribuye una representación significativa independiente de su uso pragmático comunicativo. Pero este dualismo tampoco se detiene aquí, sino que permite también distinguir la pragmática lingüística de la “pragmática puramente lógica”. La primera referida a los “juegos dialógicos” (Lorenzen y Stegmüller) y la segunda referida a los “juegos de buscar y encontrar” relacionados con los usos lógico-simbólicos cuyo fin es “explorar, verificar o falsear” ciertos enunciados interpretados. En estos últimos, “el uso del lenguaje puede estudiarse prescindiendo de la composición psicológica y del contexto social de las personas que escriben o emiten oraciones”. Hintikka, J.: *Lógica, juegos del lenguaje...*, op. cit., pp. 101-102. En otras palabras, se opone un supuesto lenguaje puramente “descriptivo” a un lenguaje expresivo o comunicativo. De ello se sigue una concepción dogmática de la verdad científica, opuesta a una concepción dialógica e históricamente intersubjetiva. El discurso científico así desterrenalizado, es visto como un “texto sagrado” completamente separado de cualquier compromiso histórico, ontológico, ético y estético de carácter contingente.

entre lenguaje y realidad, un isomorfismo en el sentido general abstracto de un isomorfismo, que puede ser establecido por cualquier correlación basada en proyección³⁸³.

Esta concepción representacionista de cientificidad que exige una relación isomórfica entre el lenguaje científico y la realidad, pareciera tener una de sus fuentes en la estructura misma de la teoría matemática específica que sostiene la ciencia natural moderna: la Geometría Analítica de Descartes.

Según Hintikka, "La idea básica de Descartes es una completa analogía entre las operaciones aritméticas básicas y ciertas operaciones geométricas", por ello, el "significado del término 'análisis' fue extendido de modo natural del análisis de configuraciones geométricas al 'análisis' de configuraciones físicas o astronómicas"³⁸⁴.

Por otro lado, la concepción funcional de la verdad supone la doctrina de la analiticidad, según la cual la verdad de ciertos enunciados descansa exclusivamente en su significado, y éste depende de un conjunto de reglas universales válidas para todo lenguaje, que permite establecer lo que es racional (lo que tiene sentido) y lo que no lo es (carece de sentido)³⁸⁵. Dichas reglas constituyen algo así como la sintaxis de un lenguaje ideal o perfecto (claro y preciso) o "sintaxis lógica", completamente diferentes de la sintaxis gramatical de los lenguajes histórico-naturales.

Según Rorty, el propósito de postular esta estructura lingüística ideal

383 Hintikka, J.; *Lógica, juegos de lenguaje...*, op. cit., pp. 57-58.

384 *Ibidem*, pp. 245 y 236. En efecto, el texto de Descartes sobre *Geometría* inicia literalmente su *Libro Primero* con la siguiente analogía: "Así como la Aritmética se basa en cuatro o cinco operaciones, a saber, la adición, la sustracción, la multiplicación, la división y la extracción de raíces (que puede ser considerada como una especie de división), de igual forma no es necesario en Geometría para llegar a conocer las líneas que se buscan y para disponerlas a ser conocidas, sino añadir o sustraer otras..." Descartes, René; *Discurso del método, Dióptrica, Meteoros y Geometría*. Madrid, 1981, Alfaguara, p. 279.

385 Cf. Putnam, Hilary; "Dos concepciones de la racionalidad", en *Razón, verdad e historia*, op. cit., p. 115.

... era delimitar un espacio para el conocimiento a priori en el que no pudiesen entrar ni la sociología ni la historia, ni el arte ni la ciencia natural... un sustituto a la “perspectiva trascendental” de Kant. La sustitución de la “mente” o la “experiencia” por el “significado” (...) Cuando el último Wittgenstein... volvió su atención a la cuestión de cómo era posible semejante estudio “puro” del lenguaje, constató que no era posible... El resultado... es... la observación de Davidson de que “si un lenguaje es algo como lo que han supuesto los filósofos... no existe nada semejante a un lenguaje... debemos abandonar la idea de una estructura común claramente definida que los usuarios del lenguaje dominan y luego aplican a casos”. Esta observación resume... el final del intento por convertir el lenguaje en un objeto trascendental. Pienso que Frege y el primer Wittgenstein son los filósofos principalmente responsables de imponernos la idea de que existía semejante estructura común rara vez definida. En particular debemos a Wittgenstein la idea de que en principio todos los problemas filosóficos pueden resolverse finalmente mostrando esa estructura. Creo que fueron el último Wittgenstein, Quine y Davidson los filósofos que nos liberaron de la idea de que existía semejante estructura³⁸⁶.

Una consecuencia de lo dicho es el dualismo. Si bien la distinción entre el mundo de las cosas sensibles (empírico) y el mundo de las cosas inteligibles (ideales) tuvo un origen premoderno —como lo tuvo también el propio atomismo— en los clásicos debates del mundo griego, entre jónicos e itálicos y entre sofistas y platónicos, fueron los modernos quienes recogieron, consagraron e institucionalizaron dicha distinción como un criterio ontológico y epistemológico de demarcación propiamente dualista.

Desde los debates iniciales entre empiristas y racionalistas, y luego entre fenomenalistas y esencialistas, convencionalistas y fundamentalistas, intuicionistas y formalistas, entre historicistas y estructuralistas etc., en la historia de la filosofía moderna y contemporánea, unos han enfatizado la primacía de alguna suerte de esfera

386 Rorty, Richard; “Wittgenstein, Heidegger y la reificación del lenguaje”, en *Ensayos sobre Heidegger y...*, op. cit., pp. 79-80.

analítica apriorística –inmanente o trascendental– como definitoria de nuestros compromisos ontológicos. Otros, en cambio, han enfatizado la naturaleza empírica, subjetiva, circunstancial o arbitraria, de nuestros compromisos ontológicos básicos³⁸⁷.

Sospecho ahora que dicha distinción no es sino una consecuencia de un compromiso ontológico previo que resulta común a las distintas vertientes modernas, y que consiste en suponer la existencia de ciertas entidades o cosas independientes de sus relaciones. Lo empírico así cosificado resulta completamente divorciado de sus relaciones estructurales³⁸⁸. Aceptada esta distinción, privilegiar una u otra realidad es sólo una consecuencia derivada y no primaria³⁸⁹.

Sugiero, por tanto, que un examen de las corrientes filosóficas contemporáneas a la luz de la crítica de este compromiso ontológico primario del discurso moderno, nos puede revelar hasta qué punto se preserva esta vieja distinción epistemológica y los reales alcances y límites filosóficos de sus críticas y alternativas.

387 “...lo que ha dominado y definido los problemas de la filosofía moderna ha sido la dicotomía esquema-contenido... el dualismo de lo subjetivo y lo objetivo... ambos dualismos tienen un origen común, a saber, un concepto de la mente como algo dotado de sus estados y objetos privados (...) la impugnación de estos dualismos por nuevas vías o su impugnación radical constituye el cambio más prometedor e interesante que está teniendo lugar en la filosofía actual”. Davidson, Donald; “El mito de lo subjetivo”, en *Mente, mundo y acción*. Barcelona, 1992, Paidós, p. 57.

388 A.N. Whitehead, con la agudeza que lo tipifica, ha caracterizado la metafísica de la Física moderna en los siguientes términos: “Decir que una partícula de materia tiene ‘simple posición’, significa que, para representar sus relaciones espacio temporales es suficiente afirmar que se encuentra, en donde se encuentra una región precisa y finita del espacio, a lo largo de una duración precisa y finita del tiempo, independientemente de cualquier referencia esencial de las relaciones de esa partícula de materia a otras regiones del espacio y a otras duraciones del tiempo...” A.N. Whitehead; *Science and the modern World*. Cambridge, 1953, p.72 (trad. nuest.).

389 “... esta distinción... es el mínimo denominador común de la distinción griega entre universales y particulares, la distinción kantiana entre conceptos e intuiciones y la distinción del *Tractatus* entre mundo existente y expresable y la ‘sustancia del mundo’ inexistente e inefable. Esta última versión de tal distinción es la más dramática y reveladora, pues establece enérgicamente el contraste entre atomismo y holismo –entre el supuesto de que puede haber entes que son lo que son, totalmente independientes de todas las relaciones entre ellos, y el supuesto de que todos los entes no son más que nodos de una red de

Contextualismo contemporáneo y el “líbero” Chomsky

Las críticas contemporáneas de esta distinción metafísica atomista –en tanto línea de demarcación epistemológica radical– han conducido progresivamente desde fines del siglo XIX a plantear una concepción “contextual” del significado de nuestros enunciados y compromisos ontológicos.

Para poder entender en su conjunto los rasgos fundamentales de la crítica epistemológica contemporánea, he puesto énfasis en el punto del “compromiso ontológico atomista” porque no para toda concepción contextual, relacional o sistémica del significado y la verdad es válida la crítica de Quine a la distinción analítico-sintética del discurso filosófico moderno.

Para el estructuralismo, por ejemplo, y para Noam Chomsky en particular, la aceptación de dicha tesis conduce a una preservación conductista (empirista-representacionista del significado) e inductivista (lógicamente mecanicista) del significado y del lenguaje en general, que resulta teóricamente contradictoria con una tesis contextualista³⁹⁰.

relaciones (...) Davidson da por supuesto, como también supuso el último Wittgenstein, que no existen entes lingüísticos intrínsecamente carentes de relaciones –entes que, como los ‘nombres simples’ del *Tractatus* son por naturaleza entes relacionados. Pero el holismo de Davidson es más explícito y radical que el de Wittgenstein... Mientras que en las *Investigaciones filosóficas* Wittgenstein aún juguetea con la idea de una distinción entre lo empírico y lo gramatical, entre la indagación no filosófica y la filosófica, Davidson generaliza y extiende la negativa de Quine a suscribir o una distinción entre verdad necesaria y contingente o una distinción entre filosofía y ciencia... el principal motivo de Davidson es evitar la reificación del lenguaje”. Rorty, Richard; *Ensayos sobre Heidegger* y..., *op. cit.*, pp. 89-90.

390 “Una de las conclusiones más ampliamente aceptadas de la filosofía anglo-americana moderna, que ha tenido mucha influencia, es que no existe una distinción clara entre verdades analíticas y afirmaciones que son verdaderas sólo en virtud de los hechos... Esta conclusión parece claramente errónea. No hay ningún hecho del mundo... que me convenza de que ustedes persuadieron a Juan de ir a la universidad, pese a que él nunca intentó hacerlo, ni tuvo esa intención... la relación entre persuadir y tener intención o decidir, es de una estructura conceptual independiente de la experiencia... El debate filosófico acerca de estos temas ha sido engañoso porque se ha centrado en ejemplos muy simples... con palabras que carecen de estructura relacional...”. Chomsky, Noam; *El lenguaje y los problemas del conocimiento*. Madrid, 1992, Visor, p. 35.

Según Chomsky, los denominados “problema de Platón” (¿cómo es posible la existencia en nuestro lenguaje de conocimientos que desbordan toda explicación sobre su origen sensible o inductivo?) y “problema de Descartes” (¿cómo es posible la actividad creativa del lenguaje?) no tienen explicación inductiva, y sólo encuentran respuesta en las investigaciones de la lingüística estructural sobre la “competencia lingüística” y en las investigaciones del estructuralismo genético sobre el “aprendizaje del lenguaje” en los niños.

El lenguaje –según Chomsky– se encuentra plagado a todos sus niveles de conocimientos relacionales de naturaleza intencional que otorgan competencia lingüística (interpretativa y predictiva) a un hablante, y cuyo origen es imposible atribuir de manera consistente a alguna experiencia individual o social directa en términos conductistas de Skinner, esto es por el “control de estímulos externos”, por el desarrollo de destrezas analógicas, o por hábitos conductuales aprendidos.

Las tesis de Chomsky resultan relevantes para la epistemología contemporánea –a pesar del tradicionalismo filosófico de corte platónico-cartesiano que se autoatribuye– en la medida que se asientan en la crítica de dos aspectos decisivos de la concepción moderna de cientificidad. En primer lugar, su crítica al determinismo causal mecanicista de las comprensiones conductistas y pragmatistas del lenguaje, que hacen incomprensible un aspecto esencial de su aprendizaje y producción: su aspecto creativo³⁹¹.

Por otro lado, y como consecuencia de lo anterior, la atribución de propiedades puramente extensionales al lenguaje humano en su conjunto, como si éste funcionara exclusivamente con una lógica lineal inductivista (apenas válida para algunos lenguajes formales mecanizados) propia del empirismo, hace incomprensible los aspectos sistémicos, relacionales e intencionales, indispensables para explicar el comportamiento lingüístico del organismo humano³⁹².

Cuando Chomsky rechaza al conductismo, si bien se aproxima a las tesis innatistas de Platón, Descartes y Leibniz, lo hace según él, “purgando el error de la preexistencia ideal”. En su versión, los “prin-

391 *Ibid.*, pp. 111-114.

392 *Ibid.*, pp. 131-132.

cipios (conocimientos) innatos” y las entidades intencionales adquieren un carácter naturalista; “no hay nada místico en el estudio de la mente”, pues ellos pertenecen a la herencia biológico-genética del individuo y consisten en la “facultad del lenguaje” existente en la “mente-cerebro”. Dicha facultad es un subsistema orgánico del sistema cognitivo de la especie humana y sus propiedades y principios “pueden explicarse en términos de propiedades del cerebro”³⁹³.

No obstante la debilidad de una argumentación empírica excesivamente arriesgada —que el mismo Chomsky admite³⁹⁴— así como la excesiva simplificación filosófica que plantea un naturalismo biologista, pienso que su contribución resulta epistemológicamente interesante en el nivel específicamente lingüístico. Por ejemplo, sus numerosas observaciones sobre la existencia de principios sintácticos para la construcción de expresiones causativas simples y complejas con un complemento oracional incrustado, “no implican aprendizaje alguno”, por el contrario, Chomsky muestra que la posibilidad del aprendizaje, interpretación o creación de expresiones de este tipo, los supone³⁹⁵.

Igualmente, Chomsky ha mostrado en el terreno de la fonética que existen infinitud de conocimientos sobre la estructura del sonido que trascienden cualquier experiencia lingüística y que incluso la posibilidad misma de aprendizaje por analogía los supone.

Problemas similares se muestran en el área semántica, particularmente en el crecimiento y adquisición de vocabulario, cuya velocidad desborda en exceso toda experiencia o instrucción posible del individuo, así como en la multiplicación de interpretaciones significativas de las palabras a partir de una tosca aproximación inicial, que vulgarmente se ha interpretado de una manera mística o romántica como efecto de una metafísica “imaginación creadora” del individuo. Lo mismo ocurre para Chomsky con los conceptos cuyo desarrollo supone el manejo de principios combinatorios irreducibles a la mecánica conductista de la simple estimulación-respuesta.

393 *Ibid.*, p. 17.

394 “cuando hablamos de la mente, hablamos a cierto nivel de abstracción, de mecanismos físicos del cerebro aún desconocidos”. *Ibid.*, p. 16.

395 *Ibid.*, p. 23.

Chomsky ha desarrollado también sorprendentes argumentos contra la usual interpretación pragmático-social del lenguaje que no se pueden ignorar. Por ejemplo, parece evidente que cuando hablamos de una lengua pensamos en algún tipo de “fenómeno social”, es decir en una “identidad comunitaria” claramente identificable. Pero tal identidad “lengua-comunidad” o “comunidad lingüística” resulta finalmente sumamente vaga.

Así, por ejemplo, “hablamos del chino como una lengua”, pero resulta que si nos aproximamos a tal “identidad”, vemos que “los dialectos chinos son tan variados como las lenguas románicas”, y resultan un complejo inorgánico y oscuro de supuestos políticos y normativos extralingüísticos de difícil explicación coherente. Recordemos que un problema análogo (de circularidad) se ha presentado con la relación kuhniana entre “paradigma” y “comunidad científica”. El asunto es que conforme avanzamos en la investigación nos confrontamos con la necesidad de suponer el lenguaje en un sentido previo más estrecho, que finalmente nos remite —si no queremos caer en alguna metafísica especulativa o en alguna explicación circular— a la competencia lingüística del individuo, no como una entealequia misteriosa sino como un “organismo natural”.

Finalmente, la hipótesis más interesante de Chomsky respecto de la particular relación entre conocimiento, lenguaje y racionalidad, nos remite al hecho de que “las reglas del lenguaje no se rigen por el simple orden lineal sino que son reglas dependientes de la estructura” que “operan sobre expresiones a las cuales se les asigna una estructura determinada en términos de una jerarquía de sintagmas de varios tipos”³⁹⁶.

396 “Durante mucho tiempo se ha creído que los organismos tienen ciertas capacidades intelectuales, tales como la capacidad de llevar a cabo un razonamiento inductivo, y que aplican estas capacidades indiferenciadas a cualquier tarea intelectual con la que pueden enfrentarse. Según este punto de vista, los humanos difieren de otros animales en que ellos pueden aplicar estas capacidades más extensivamente... para resolver problemas generales, para la ciencia, los juegos, el aprendizaje de lenguas etc. ...de acuerdo a los principios generales de inducción, formación de hábitos, analogía, asociación, etc. (...) Pero todo esto es un error, un error espectacular... y hay buenas razones para suponer que ésta es sólo una de entre diversas facultades especiales de la mente”. *Ibidem*, p. 47.

Chomsky y sus colaboradores han reunido numerosa evidencia respecto de la existencia de reglas de ordenación estructural y no lineal de las palabras en las oraciones declarativas e interrogativas simples, en la formación de oraciones complejas que usan e interpretan pronombres, en la asimetría existente en las oraciones causativas que tienen la forma general sujeto-verbo-objeto, es decir en el tipo de construcciones lingüísticas decisivas para la elaboración de un discurso cognitivo.

Se ha hecho evidente, por ejemplo, la existencia operativa de lo que Chomsky llama “categorías vacías” que operan con “huellas” que no tienen rasgos fonéticos (no se pronuncian), pero que están operativamente presentes en la construcción de la representación mental de la oración. Éstas no tienen una función referencial sino de articulación cuantificacional de las variables referenciales. Lo mismo cabe decir de los principios de la estructura del sintagma, la teoría del ligamiento y otros subsistemas de la gramática generativa.

El asunto es que la asimetría oracional entre sujeto-verbo y objeto detectada por Chomsky en las oraciones causativas, conlleva sorprendentes consecuencias no sólo para la comprensión de la estructura lógica del lenguaje humano (más allá de su discutible hipótesis innatista), sino para el conjunto de los procesos cognitivos de interpretación y creación mediados por el lenguaje, mostrando –en contra del dogma analítico-moderno de cientificidad– que el lenguaje y el conocimiento humano no se rigen necesaria ni exclusivamente por el procedimiento analítico de simplicidad³⁹⁷.

¿De qué hablamos con “epistemología contemporánea”?

Vista en su conjunto, la crítica epistemológica contemporánea sugiere que nuestros enunciados y teorías no se refieren “al mundo en cuanto tal”, como si éste fuera una entidad sustantivamente independiente de

397 “Uno puede suponer que un verbo transitivo simplemente relaciona dos términos, su sujeto y su objeto sin ninguna asimetría de estructura. En realidad eso es lo que se supone cuando se construyen lenguas formales para los propósitos de la lógica y las matemáticas, y a menudo ha sido propuesto para las lenguas humanas también. Las lenguas formales

la subjetividad humana, en el sentido de una “cosa en sí” u “objeto de contemplación”³⁹⁸, sino a nuestra relación constructiva con el mundo. Es decir, al contexto lingüístico y extralingüístico con el que actuamos sobre el mundo. No se trata ya de una relación externa, meramente contemplativa o representativa³⁹⁹.

Desde este punto de vista, cuando hablamos de “epistemología contemporánea” agrupamos un conjunto extensivamente no muy delimitado ni homogéneo de tendencias o corrientes (denominadas frecuentemente como posanalíticas, posestructuralistas, poshermenéuticas, posmodernas, etc.) que giran en torno a ciertas tesis o rasgos comunes (aires de familia) respecto a su crítica de la concepción moderna de cientificidad, a saber⁴⁰⁰:

son construidas de esta manera por razones de simplicidad y para facilitar operaciones computacionales tales como la inferencia. Pero todo indica que las lenguas humanas no siguen los principios habituales en la lógica moderna...” Ibid., p. 52.

398 Marx, K.; *Tesis sobre Feuerbach*. O para decirlo en palabras de Heidegger: “...echando una sola mirada al fenómeno en su totalidad, la... proposición es una indicación determinante comunicativamente... El formular una proposición no es una operación que flote en el vacío ni pueda abrir por sí primariamente entes, sino que tiene siempre ya por base el ‘ser en el mundo’...” Heidegger, Martin; *El ser y... op. cit.*, p. 175.

399 Finaliza —por decirlo en palabras de Heidegger— la idea moderna del mundo como imagen. Según Niels Bohr, el surgimiento de la Física cuántica relativista, “ha sacado a la luz” la profunda “insuficiencia de nuestras simples concepciones mecánicas” respecto a por lo menos tres presupuestos gnoseológicos fundamentales de la ciencia moderna: el de “observación”, el de “descripción” y el de “causalidad”. “El postulado cuántico implica que toda observación de los fenómenos atómicos lleva aparejada una interacción con el aparato de observación que no puede ser despreciada. Por consiguiente, no puede adscribirse una realidad independiente, en el sentido físico ordinario, ni a los fenómenos ni a los instrumentos de observación. Después de todo, el concepto de observación es arbitrario en la medida que depende de qué objetos se incluyan en el sistema a observar”. De acuerdo con esto, no somos meros espectadores de la naturaleza, somos a la vez actores. De ahí que un formalismo matemático no describe algo así como “cosas” (entes aislados) descontextualizables, sino relaciones que establecemos constructivamente en nuestra experiencia. En consecuencia, el “problema de la descripción” plantea una “tensión esencial” sobre cómo entender dicha relación, pues al sustituir la noción ontológica de objeto aislado y puntual en sus interacciones, desaparece también la claridad y distinción cartesiana de la noción mecánica de causalidad, por la de “totalidades complejas” de interacciones. Cf. Niels Bohr; *La teoría atómica y la descripción de la naturaleza*. Madrid, 1988, Alianza Universidad, pp. 53, 98 y ss.

400 Cf. Murphy, N.; “Scientific realism and postmodern philosophy”, en *The British Journal of Philosophy of Science*. London, Vol. 41, N°3, sept. 1990, pp. 291-303. Aquí el

- a. Problematican en diversos sentidos el paradigma descriptivista del significado y la verdad de nuestros enunciados y discursos como “representación” o “correspondencia” biunívoca e isomórfica (*adecuatio* o *reflejo*), enfatizando en cambio la “comprensión” holística (paradigmas) frente al reduccionismo y una relación pragmática, histórico-contextual, establecida a partir del uso del lenguaje.
- b. Problematican también el paradigma moderno de referencialidad y objetividad de nuestros enunciados y discursos como una relación directa (sujeto-objeto) y transparente (claridad y distinción), poniendo énfasis en la intersubjetividad comunicativa de la comunidad científica como criterio de objetividad científica y en la opacidad de la referencia (relatividad histórica de los códigos culturales, de las formas de vida, de los compromisos ontológicos, etc.).
- c. Las dos tesis anteriores problematizan por paradójicas dos imágenes clásicas de la epistemología moderna: la suposición de que gnoseológicamente somos algo así como “cerebros en una cubeta” y la “teoría mágica de la referencia” (Putnam). La verosimilitud de la tesis solipsista y dualista de que seamos “cerebros en una cubeta” es completamente cultural y deriva del hecho de que nuestra representación física moderna (cartesiano-newtoniana) admite la posibilidad de la existencia de un cuerpo físico (principio inercial) aislado de toda interacción con el resto de entidades. La “teoría mágica de la referencia”, esto es, que nuestros signos lingüísticos no son arbitrarios instrumentos de comunicación social, sino representaciones (*pictures*) y que dichas representaciones se refieren (reflejan) “*necesaria y directamente* a ciertas cosas o clases de

autor caracteriza el pensamiento científico moderno por tres rasgos: El “fundacionalismo epistemológico”, el “representacionismo o teoría referencial del lenguaje” y el “atomismo individualista”; por otro lado, caracteriza el pensamiento científico posmoderno por el “holismo”, la “teoría del significado como uso” y el “papel relevante de la comunidad científica” en el cambio científico. Cit. por Diego Aísa; “Ciencia, filosofía de la ciencia y conocimiento objetivo”, en *Conocimiento, ciencia y realidad*. A. Carreras (editor), Universidad de Zaragoza, 1993, SIUZ, p. 63

cosas externas”, se deriva del hecho de que la Física moderna sólo admite interacciones causales directas de acción y reacción.

- d. Las dos tesis anteriores problematizan el “mito de lo subjetivo” (Davidson) con la misma intensidad que la “comprensión objetualista” de la objetividad científica. Ellas no sugieren la negación de la realidad objetiva, sino la negación de la tesis ontológica de la existencia de objetos independientes de sus relaciones, al igual que la tesis gnoseológica de la subjetividad trascendental que conduce al solipsismo. La objetividad es entendida como intersubjetividad social; conocer es siempre pensar una relación. Solipsismo y fisicalismo modernos son sólo dos caras del mismo compromiso ontológico atomista.

Teniendo en cuenta estos rasgos comunes en la crítica de la *episteme* moderna –que hacen casi “metafórico” hablar *strictu senso* de epistemología–, podríamos *grosso modo* distinguir dos grandes corrientes de interpretación del significado contextual de nuestros discursos sobre el mundo en el pensamiento filosófico contemporáneo:

Pragmatistas

En primer lugar, una alternativa que caracterizaremos gruesamente como *pragmatista*. Ésta sostiene que el compromiso ontológico de nuestros discursos se encontraría caracterizado a partir de la estructura comunicativa del lenguaje. Es decir, por los usos del lenguaje –originados básicamente en el lenguaje ordinario– y, consecuentemente, por decisiones que pertenecen a la pragmática del lenguaje y no por entidades o relaciones estructurales analíticas independientes, llámen-se universales semánticos o sintácticos.

Esta alternativa puede a su vez descomponerse en dos vertientes. Una primera que sugiere que los diversos usos lingüísticos están, a su vez, determinados por diversas formas de vida práctica, a partir de las cuales se constituyen determinadas “reglas” que marcan los contornos u horizontes de validez racional de una “comunidad lingüística de comunicación” o “entorno cultural de significación”.

En la medida que no es posible suponer una estructura lingüística de comunicación fuera de estas formas de vida, tampoco resulta posible una estructura lingüística de significación universal. Entre ellas no hay una comunicación fluida, ni son reducibles unas a otras. A lo sumo hay relaciones analógicas o “aires de familia” (como sugiere el segundo Wittgenstein), dado que constituyen totalidades lógico-semánticas autosuficientes. La tesis de la “inconmensurabilidad de los paradigmas” y de su identidad con una determinada “comunidad científica” de Kuhn, también puede inscribirse, en parte, en esta vertiente.

Existe una segunda vertiente dentro de esta primera alternativa, que podríamos denominar “conductista radical” o “historicista radical”, para caracterizar a aquellos que sostienen que los usos del lenguaje y las decisiones pragmáticas de comunicación que determinan nuestros compromisos ontológicos no están sujetos ni referidos a ninguna estructura categorial o vital profunda (a ninguna “metafísica de la presencia” diría Derrida), llámese ésta, “formas de vida” o “universales semánticos”. Se trataría de decisiones arbitrarias o convencionales que no poseen ninguna trascendencia que permita suponer algún criterio de validación en sí mismas (descriptivo o normativo).

Simplemente serían funciones o reglas de procedimiento, como las reglas de tránsito. Aceptamos seguirlas o no, según nos parezca que funcionan o no. Constituyen consensos arbitrarios de comunicación que como todo lenguaje se basan en signos que carecen de cualquier relación necesaria con los objetos o ideas que refieren⁴⁰¹. No

401 Podemos incluir en esta vertiente la corriente formalista en Filosofía de las matemáticas: “Los formalistas, dirigidos por Hilbert, mantenían que los símbolos aritméticos son simples signos sobre el papel, vacíos de sentido, y que la aritmética consiste en ciertas reglas arbitrarias, como las reglas del ajedrez, con las cuales pueden manipularse tales signos. Esta teoría tenía la ventaja de que evitaba toda controversia filosófica, pero tenía la desventaja de que era incapaz de explicar la aplicación de los números al acto de contar... Tal teoría es incapaz de explicar lo que se quiere decir con frases tan simples como ‘hay tres hombres en esta habitación’ o ‘hubo doce apóstoles’. La teoría es adecuada para hacer sumas, pero no para las aplicaciones del número. Puesto que son las aplicaciones del número lo que la hacen importante, la teoría de los formalistas, debe considerarse como una evasión insatisfactoria”. Russell, Bertrand; *La evolución de mi pensamiento filosófico*. Madrid, 1967, Alianza Editorial, pp. 113-114.

hay por ello ninguna diferencia significativa de *status* ontológico entre los dioses de Homero y los átomos físicos para referirse a nuestra acción sobre la naturaleza (Quine)⁴⁰². Lo mismo se plantea entre las teorías sociales y políticas (Rorty) y por qué no decirlo, respecto de todo discurso en general.

Como resulta obvio, si hay algo que vincula esencialmente a las tendencias pragmáticas es su rechazo de todo *fundamentalismo filosófico* sobre el saber y el actuar, no sólo con respecto a la verdad y la eticidad, sino incluso con la misma posibilidad de una epistemología como disciplina fundante del saber científico. El argumento clave de su actitud antifundamentalista descansa en el llamado "Principio del falibilismo".

Reaparece Charles Sanders Peirce

Mucho antes que Popper, Kuhn, Lakatos, Feyerabend o Stegmüller, dicho principio parece haber sido introducido explícitamente por primera vez por el gran filósofo norteamericano Charles Sanders Peirce en un artículo de 1897, fusionado posteriormente con otros tres artículos en la edición de 1955, bajo el título "Synechism, fallibilism, and evolution"⁴⁰³.

La formulación peirciana de dicho principio supone un contexto formado por una concepción evolutiva de nuestro saber científico o, si se quiere, del perfeccionamiento a largo plazo de nuestro saber empírico. Ello presupone tres tesis:

- a. Que nuestras teorías científicas están conformadas por hipótesis que no pueden confirmarse o verificarse absolutamente, en la medida que sus enunciados inductivos son sólo probables⁴⁰⁴.

402 Para P. Feyerabend, las razones para nuestra opción entre teorías científicas rivales carecen de cualquier criterio objetivo que permita su mutua commensurabilidad, "lo que queda son juicios estéticos, juicios de gusto, y nuestros deseos subjetivos". Cf. Paul K. Feyerabend; *Contra el método*. Barcelona, 1974, Ariel, p. 133.

403 Cf. *Philosophical writings of Peirce*. Selected and edited with an introduction by Buchler, Justus. New York, 1955, Dover publications, pp. 354-360.

404 "For fallibilism is the doctrine that our knowledge is never absolute but always swims, as it were, in a continuum of uncertainty and of indeterminacy". *Ibid.*, p. 356.

- b. Pero por la misma razón, los contraejemplos no deciden completamente la falsedad de una teoría, en la medida que ésta no puede basar su validez en la verificación o confirmación completa de su correspondencia, sino en la triangulación comparativa (interpretación) con otra teoría alternativa, más o menos probable. Pero acá no se trataría de un asunto de verdad sino de opción pragmática.
- c. En consecuencia, el falibilismo sólo vale para enunciados particulares, obtenidos por inducción o abducción, pero no para teorías y menos aún para paradigmas, es decir, para la totalidad de nuestros enunciados (concepción del mundo), pues no tendríamos con qué compararlas. Salvo que admitamos la existencia de algún signo que posea una significación *a priori* y que, por tanto, no sea falible; esto es que signifique todo, lo cual es contradictorio con el supuesto inicial sobre la naturaleza hipotética de los enunciados científicos. O, por el contrario, la existencia de algún signo que carezca de interpretación, que no signifique nada; esto es, un conocimiento de no-conocimientos (como en el modelo de la pajarera de Platón), lo cual es absurdo y sin sentido.

En conclusión, el falibilismo tiene que presuponer en algún sentido filosóficamente relevante (más allá de una mera función operacional al interior de una teoría particular) el carácter parcial de nuestros conocimientos y el carácter relativo de la verdad.

Pero aquí se abre nuevamente un dilema. Un relativismo o subjetivismo “absoluto” resultaría paradójico, salvo que establezcamos algún criterio de correspondencia externa compatible con la contingencia histórica. O se requeriría una cierta concepción de la correspondencia, pero no como correspondencia fáctica (histórica) sino como lógicamente posible o ideal, lo cual implica admitir la existencia de algún criterio normativo de carácter teleológico-trascendental. Precisamente en ambas vertientes se dividen hoy los partidarios de la pragmática, sobre los que volveremos en el capítulo final.

Estructuralistas

En segundo lugar, existe otra gran alternativa, que caracterizaremos gruesamente como *estructuralista*. Ella podría subdividirse en dos

grandes vertientes significativas. Una primera que denominaremos estructuralista trascendental o fundamentalista. Esta sugiere que el asunto de fondo requiere comenzar con una reinterpretación completa de la ontología tradicional en términos de una novedosa analítica existencial (Heidegger), luego de efectuar “una demolición de las categorías de la ontología tradicional”. Su punto de partida sería la crítica del clásico concepto objetualista de “ente en cuanto tal”. Aquel que Aristóteles señalara como el clásico objeto de la investigación filosófica.

Para Heidegger, este es el fundamento histórico-filosófico que lleva a considerar al Ser como una entidad substancial, atemporal y ahistórica, separado de sus relaciones con la conciencia humana. De ahí deriva consecuentemente la noción de “sujeto” también como un ente substancial independiente.

Se trata de retornar a los inicios mismos de la ontología clásica, pero no en un sentido historiográfico externo sino invirtiendo el análisis. De preguntar no por el Ser, sino por la naturaleza de la pregunta misma, por sus orígenes histórico-temporales, por el sentido óntico de la pregunta misma, con el objeto de descubrir en ese mismo ser que pregunta por el Ser, una estructura relacional, originaria y trascendente: una experiencia de naturaleza precategorial o preontológica de la que debe fluir una analítica existencial capaz de describir la condición de posibilidad de toda ontología histórica posible en nuestros discursos sobre el mundo.

Dentro de esta vertiente, dicha estructura trascendental originaria es comprendida por algunos pensadores no como una experiencia extra o preconceptual, sino como una experiencia inmanente a toda comprensión humana (“facultad cognitiva innata”), considerando que el lenguaje –vehículo de toda comprensión– posee ciertas categorías (principios pertenecientes a la naturaleza interna del lenguaje) que nos permiten pasar de (o traducir) un discurso a otro.

La evidencia de ello se muestra en la existencia de “tradiciones” y “prejuicios” que históricamente atraviesan los más diversos discursos humanos. Lejos de constituir “obstáculos” para el entendimiento, son una prueba de que existe algo así como una “articulación lingüística” o “idiomaticidad” o “gramaticidad” originaria que puede ser un puente

entre los múltiples discursos (o gramáticas particulares) que permita construir una “Hermenéutica universal” (Gadamer), o una “Gramática universal” (Chomsky).

En la tradición anglosajona, la versión más acabada de este estructuralismo lingüístico trascendental se encuentra en la teoría chomskyana de la “gramática generativa”. Partiendo de una distinción formal entre lo que denomina “competencia” y “actuación” lingüística, Chomsky distingue los aspectos estructurales de toda producción verbal, del contexto de acción real del hablante.

A menudo se ha confundido esta distinción con la hecha por Saussure entre Lengua (sistema abstracto) y Habla (acción concreta del hablante), pero el objeto de la gramática generativa está al interior del lenguaje particular como una suerte de “realidad mental o como conocimiento preconstituido en la mente del hablante... supone un conjunto de rasgos o principios comunes (a todo sistema) que han de constituir la base para una sola gramática”⁴⁰⁵. No obstante, no se trata de los rasgos “psicológicos” de los hablantes particulares, sino —en el sentido cartesiano— de componentes innatos de una “facultad cognitiva”⁴⁰⁶.

En lo que respecta específicamente a la *hipótesis innatista* de Chomsky, ésta no sólo se sostiene en una hipótesis empíricamente arriesgada, sino que en cierto modo está basada en una falacia *ad ignorantiam*⁴⁰⁷, si es que no, viciada por circularidad, ya que sus universales semánticos (disposición interpretativa que otorga *competencia lingüística*), considerados como requisitos previos de la *actuación lingüística*, en realidad contienen presupuestos existenciales y reglas

405 Caravedo, Rocío; *La competencia lingüística...*, op. cit., pp. 116-118.

406 Cf. Chomsky, Noam; *Lingüística cartesiana*. Madrid, 1969, Gredos. Y también “Aspects of the theory of syntax”. Massachusetts, 1966, MIT Press.

407 “No hay nada esencialmente misterioso en el concepto de estructura cognitiva abstracta, creada por una facultad innata de la mente, representada en el cerebro en una forma que aún *desconocemos* y que entra en el sistema de las capacidades y disposiciones para actuar e interpretar... una formulación de este tipo... parece requisito previo para cualquier investigación seria sobre el comportamiento”. Chomsky, Noam; *Reflexiones sobre el lenguaje*. Buenos Aires, 1977, Ed. Sudamericana, pp. 35-36.

de argumentación, interpretación y experimentación cuya pretensión de sentido y verdad presupone, a su vez, una validez intersubjetiva, es decir una comunidad de actuación lingüística. En consecuencia, sus universales lingüísticos no resultan requisitos sino consecuencia de la actuación lingüística que trataba de fundamentar, lo cual plantea más bien una fundamentación pragmática.

Tal ha sido precisamente el punto de partida que han tomado, al interior de la tradición germánica, Karl-Otto Apel y sus discípulos, buscando una “fundamentación última” en la teoría del conocimiento basada en una “pragmática trascendental”, a partir de una reformulación de la “pragmática lingüística” o semiótica de Peirce, en la cual fusionan de una manera sorprendente las tesis falibilistas del conocimiento y su concepción consensualista de la verdad de cuño pragmático con sus propias tradiciones filosóficas germanas trascendentalistas de “fundamentación última” del saber y el actuar. Una variante de dicha perspectiva pragmática es también la de la “teoría de la acción comunicativa” de Habermas, aunque ésta no apunta a una fundamentación trascendental sino a una “pragmática formal” de cierto carácter histórico. Sobre ello volveremos en nuestro capítulo final.

Una segunda vertiente dentro de la alternativa que denominamos *estructural*, es la que podríamos llamar estructuralista simbólica o inmanente al discurso. Su rechazo a la idea de una estructura trascendental pareciera basarse en ciertas consideraciones de la lingüística estructural contemporánea⁴⁰⁸. Ésta postula la existencia de ciertas estructuras semánticas que configuran de manera inmanente el carácter cerrado de todo universo simbólico discursivo.

El lenguaje sólo existiría entonces en el marco antropológico de totalidades culturales cerradas de significación. Dentro de ellas se inscribe el compromiso ontológico de los diversos discursos disciplinarios, científicos, literarios, religiosos, políticos, etc. Sus diferencias serían sólo de grado y no de significación contextual.

408 “... modelo semiológico que prima en la actualidad en los diferentes estructuralismos”. Ricoeur, Paul; *Hermenéutica y estructuralismo*. Buenos Aires, 1975, Ed. Megápolis, pp. 89-110 y 149-166.

Dichas totalidades culturales estarían organizadas a partir de ciertas “estructuras simbólicas profundas”, las cuales –para unos autores– el análisis antropológico cultural de las sociedades primitivas puede develar en su racionalidad interna (Levi Strauss). Para otros, una deconstrucción analítica de sus textos podría más bien develar su pertenencia a un texto originario o sagrado (Derrida), verdadera fuente de todos sus compromisos ontológicos, de su dinámica de inclusiones y exclusiones, conflictos y aspiraciones.

La semántica estructural se basa en una teoría contextual del significado que ha conducido a reconsiderar los términos y alcances referenciales tradicionales de nuestros compromisos ontológicos, así como los términos en que establecemos la veracidad de nuestras expresiones simbólicas, remitiéndolos al conjunto de relaciones signíicas dadas sincrónicamente al interior de un sistema específico de la lengua.

Dicha perspectiva prohíbe toda pretensión de significación, referencia o verdad de nuestros enunciados como una “correspondencia” que desborde la cadena de significantes que conforma la estructura interna de un discurso (o sistema simbólico) dado. Ello constituiría una ilegítima y contradictoria ilusión metafísica por desbordar los límites del lenguaje en el lenguaje mismo.

Aparece también Alfred Tarski

Esto condujo a Alfred Tarski a una reformulación semántica de la teoría clásica de la verdad como “correspondencia” o *adecuatío*⁴⁰⁹, despojándola de toda connotación metafísica (relación “mágica” entre enunciado y entidad extralingüística) y restringiéndola a la noción de verdad de una “proposición en un lenguaje específico L”⁴¹⁰, de

409 “Dicere namque ens non esse, aut non ens esse, falsum. Ens autem esse et non ens non esse, verum est”. Aristóteles; *Metafísica*, Lib. IV, 7, 25. Madrid, 1970, Gredos (ed. trilingüe), Vol. I, p. 207.

410 “... we must always relate the notion of truth, like that of a sentence, to a specific language... the same expression which is a true sentence in one language can be false or

manera que la misma expresión podría ser verdadera en un lenguaje y falsa o sinsentido en otro.

Con ello, la noción de correspondencia se limita a designar (metalingüísticamente) la condición formal de equivalencia sígnica entre dos sentencias que requiere una proposición verdadera al interior de un lenguaje objeto con su metalenguaje, sin que esto implique alguna interpretación en particular de dicho lenguaje.

De ahí que la célebre ilustración que realiza Tarski de dicha equivalencia: “La proposición ‘la nieve es blanca’ es verdadera si y sólo si, la nieve es blanca”⁴¹¹, sólo quiere decir que es una *condición necesaria* de la verdad de un enunciado en un lenguaje objeto *L*, la equivalencia con su *designata* en un metalenguaje (convención T). Pero el costo que dicha equivalencia presupone es un lenguaje cerrado de significaciones unívocas (equivalencia una a una de sus términos) en la cadena de sus significantes, carente de todo uso referencial.

Pero apenas abrimos un lenguaje formalizado a la interpretación, dicha equivalencia pierde toda su transparencia, cediendo su lugar al conflicto interminable de interpretaciones a que nos remite la opacidad de la referencia, y nos obliga a remitir todo discurso a la “comunidad” o “tradición” en la que históricamente se desenvuelve.

En consecuencia, la pretensión de universalizar la teoría semántica de Tarski como criterio absoluto de verdad científica no sólo es insuficiente sino incluso puede resultar lingüísticamente aporético. Como bien señala Paul Ricoeur, “un análisis lingüístico, que trate las significaciones como un conjunto cerrado sobre sí mismo erigiría, ineluctablemente, el lenguaje en absoluto. Ahora bien, esta hipostación del lenguaje niega la intención fundamental del signo... aquello a lo que apunta... en tanto medio significante, exige ser referido a la existencia”⁴¹².

meaningless in another”. Tarski, Alfred; “The semantic conception of truth”, en *Philosophy and phenomenological research*. Vol. IV, N°3, march 1944. University of Buffalo, New York, p. 342.

411 “The sentence ‘snow is white’ is true if, and only if, snow is white” *Ibid.*, p. 343.

412 Ricoeur, Paul; *Hermenéutica y estructuralismo*, op. cit., p. 21.

Si una elucidación puramente semántica –necesaria pero no suficiente– del concepto de verdad anula toda referencia extralingüística, permanece “en el aire”. Y un signo que carece de interpretación –que no significa nada– se vuelve por lo menos epistemológicamente absurdo.

Inconsistencias del convencionalismo

Intentemos ahora un examen crítico de las dos grandes alternativas reseñadas. En primer lugar, la alternativa que hemos denominado genéricamente como *pragmática*.

Si examinamos su vertiente conductista radical o convencionalista, resulta claro que ésta consiste en una definición de la contextualidad de nuestros compromisos ontológicos en términos puramente operacionalistas; esto es, como un mera aseveración lógica. Para ella, la referencia extralingüística resulta irrelevante. Los átomos físicos, por ejemplo, serían del mismo estatus lógico-discursivo que los “dioses de Homero” (Quine).

Si bien esto resulta verosímil desde un punto de vista lógico, es evidentemente falaz si se pretende darle un valor epistemológico, ya que la lógica no implica ninguna aseveración de existencia sino sólo posibilidad de existencia, o “existencia lógicamente posible” (Hintikka). En consecuencia, el problema del compromiso ontológico no puede definirse como un problema de coherencia o consistencia del discurso. En todo caso constituiría una condición necesaria, pero en modo alguno suficiente como pretende el convencionalismo.

Pero el convencionalismo no sólo resulta una tesis insuficiente. Según el ya clásico argumento de Kneal⁴¹³, la tesis convencionalista tendría sólo dos posibilidades de interpretación: “Si el convencionalismo es la doctrina según la cual hubiéramos podido adoptar reglas diferentes para el uso de los sonidos y los signos que empleamos

413 “¿Las verdades necesarias son verdaderas por convención?”. *Arist. Sup.*, Vol. , 1947. Cit. por W. Mays; “Lógica y lenguaje en Carnap”, en Piaget, Jean, *et al.*; *Psicología, lógica y comunicación*. Buenos Aires, 1970, Nueva Visión, pp. 134-135.

como símbolos, es una doctrina trivial. Si, en cambio, es la doctrina según la cual podríamos hacer variar todos los símbolos, dejando intacta su significación, es absurda”, ya que las formas simbólicas sólo adquieren significación y referencia, si están sometidas a algún tipo restrictivo de reglas de uso⁴¹⁴.

En consecuencia, cualquier modificación de las reglas de uso debería modificar también su significación, no porque exista alguna relación necesaria y misteriosa entre la palabra y el objeto al que se refiere –vr.g. el concepto de “mesa” con el objeto mesa– sino por la conducta social o comportamiento extralingüístico que la palabra indica. Si a alguien se le ocurre individualmente cambiarle el nombre al dinero y decide llamarlo “tunípero” y luego pedirme prestado algunos “tuníperos”, seguramente me quedará desconcertado, sin posibilidad de acción o respuesta. Sólo en dicho sentido digo que tal palabra carece de significación y resulta tan absurda como la idea de un lenguaje privado⁴¹⁵.

Sospecho que la tesis convencionalista se origina precisamente en la suposición metafísica de que la única realidad ontológica fáctica que podemos significar y referir es la relacionada con “objetos”, y como entre ellos no existe ninguna relación necesaria –en sentido ontológico y no funcional– toda relación resulta siempre algo arbitraria. De hecho, así fueron considerados los “vectores” en la Mecánica moderna, y como estableció Hume, las mismas relaciones causales una mera “creencia”. Como consecuencia de dicha suposición metafísica, toda acción humana sobre el mundo es también considerada como una relación arbitraria⁴¹⁶.

414 “Admitamos que (los formalistas) hayan establecido que todos los teoremas puedan deducirse por procedimientos analíticos, por simples combinaciones lógicas de un número finito de axiomas y que estos axiomas no sean más que convenciones. El filósofo conservaría el derecho a buscar los orígenes de estas convenciones y a investigar por qué han sido preferidas a las convenciones contrarias”. Poincaré, Henri; *Ciencia y método*, op. cit., p. 115.

415 Cf. al respecto el ya clásico trabajo de Kneal, William; *Probability and induction*. London, 1963 (reprinted), Oxford University Press, pp. 257-258.

416 Históricamente hablando, aunque la tesis convencionalista tiene en cierto modo un antecedente premoderno en la tesis del *homo mensura* de los sofistas griegos, constituye la expresión más característica de la metafísica contractualista moderna inaugurada por J.J.

Esta misma concepción fue la que llevó al atomismo lógico del primer Wittgenstein a sostener que “El sentido del mundo debe quedar fuera del mundo”⁴¹⁷. En dicha ontología, no corresponde a los “hechos” ninguna relación necesaria sino sólo a la lógica, pero ella está fuera de los hechos, es analítica.

Finalmente, vale la pena recordar el estrecho parentesco que vincula el convencionalismo con la antigua tesis atomista de Demócrito: “Por convención lo dulce, por convención lo amargo... en realidad sólo existen átomos y vacío”.

Inconsistencias del estructuralismo

En lo que se refiere a la alternativa estructuralista –tanto en su vertiente trascendental como immanentista– ésta presenta un primer problema común a ambas vertientes. Al tematizar la historicidad de los compromisos ontológicos existentes en un discurso y situarlos en contextos estructurales históricamente limitados, no entiende dicha historicidad en el sentido de una continuidad interestructural⁴¹⁸.

Rousseau. Ella supone la paradójica existencia previa de individuos aislados que establecen libremente relaciones sociales. Dicha tesis fue también desarrollada en la moderna teoría subjetiva del valor de la filosofía moral y la Economía Política británicas.

417 Cf. Wittgenstein, L.; *Tractatus...*, *op. cit.*, 6.41

418 En el campo de la historiografía de la ciencia, el énfasis en la noción de “discontinuidad” en la evolución histórica y teórica no sólo está presente en la tradición anglosajona (Kuhn, Feyerabend) sino también en la tradición estructuralista francesa desde Bachelard hasta Foucault. Según E. Balibar, ideas como “ruptura”, “revolución”, “profunda discontinuidad”, “corte epistemológico” y otras, parecen ser el único núcleo estable de la historiografía epistemológica de un Bachelard, en su refutación de “los mitos empiristas de un progreso continuo del saber”. Igualmente para un Althusser, las teorías científicas se cierran –mediante “rupturas epistemológicas”– en torno a una “problemática” que hace intransferibles sus conceptos. Para un Foucault, la discontinuidad histórica de la ciencia está marcada por la “episteme característica de una época” que hace más comunicables las diversas disciplinas contemporáneas, que las mismas con sus teorías pasadas o posteriores. “No se puede decir correctamente que el mundo newtoniano prefigura en sus grandes líneas el mundo einsteniano... No hay transición entre el sistema de Newton y el sistema de Einstein. No se va del primero al segundo juntando conocimientos, extremando las precauciones en las medidas, rectificando ligeramente los principios. Es preciso, por

Si bien los estructuralistas no conciben la historia a la manera de los atomistas como un maldito hecho detrás del otro, sin unidad ni continuidad (Russell)⁴¹⁹, su visión de ésta resulta finalmente una sucesión de estructuras mutuamente inconmensurables, sin continuidad alguna. Ver alguna continuidad entre ellas implicaría acceder a una visión suprahistórica, lo cual resultaría incompatible con su postulado sobre el carácter estructural de la contextualidad —sería algo así como mirar desde ningún lado— ya que según su tesis sólo es posible ver relaciones que tengan sentido de continuidad cuando nos encontramos al interior de una estructura.

En consecuencia, sería un desatino pretender ver la historia como totalidad, ya que resultaría contradictorio ver “relaciones” desde ninguna relación estructural en particular. Por razones simétricamente inversas a las de un Wittgenstein, para ellos sería un sinsentido pretender encontrar el sentido del mundo desde fuera de él. Salvo que supongamos de manera teleológica —es decir a partir de un punto de vista dogmático— la existencia de algún lugar divinamente privilegiado ubicado por encima de las estructuras simbólico-culturales y sociales realmente existentes. Ello no sólo sería empíricamente indemostrable e históricamente una típica falacia etnocéntrica sino teóricamente contradictorio con el postulado estructuralista sobre el carácter limitado y autosuficiente de sentido que tiene toda entidad estructural.

Por otro lado, la vertiente estructuralista que hemos denominado inmanentista presenta un segundo problema. Si suponemos una estructura originaria (código lingüístico o simbólico cultural) inmanente a todo discurso posible, la cual establece “los límites” absolutos de “mi mundo”, entonces la noción de “mundo externo” (a mis límites), resulta enigmática por inconstruible, pues no podríamos determinar dicho límite. Ni siquiera debería existir en el lenguaje ordinario, lo

el contrario, un esfuerzo de novedad total”. Gastón Bachelard; *El nuevo espíritu científico*. Lima, 1972, UNMSM, p. 42.

419 “La más fundamental de mis creencias es que... el universo es un enjambre de puntos y saltos, sin unidad, sin continuidad, sin coherencia ni orden, ni ninguna de las otras propiedades que aman las institutrices.” Bertrand Russell; *La perspectiva científica*. Barcelona, 1975, Ariel, p.79

cual obviamente no es el caso. Más aún, su sola existencia contradice la tesis inmanentista, según la cual, trazar dichos límites implicaría poder visualizar —como dice el primer Wittgenstein— “el otro lado del límite”, lo cual es contradictorio.

Dicho en otras palabras, a una tesis que reduce la contextualidad del significado de nuestros compromisos ontológicos al mundo estrictamente lingüístico o discursivo, se le podría aplicar el viejo argumento ontológico anselmiano pidiéndole que explique cómo es posible el origen de la idea de “mundo externo” (en lugar de la idea de Dios) sin suponer previamente la existencia de una realidad extralingüística. Justificar dicha existencia apelando a “lo místico”, “lo inexpressable” o “el silencio”, no resulta más que un mero cambio de nombres para seguir refiriéndose a una realidad extralingüística que igualmente se sigue suponiendo de manera contradictoria.

Resulta relevante aquí mencionar dos cualidades muy importantes de la concepción semántica de la verdad de Tarski en la medida que evitan dos aporías insalvables de la teoría clásica de la verdad por correspondencia.

En primer lugar, previene la antinomia ontológica de la referencialidad mediante la cual se supone dogmáticamente la existencia de alguna relación previa de adecuación entre el significado del enunciado lingüístico y la entidad extralingüística a la que dice referir, que es precisamente lo que se tenía que demostrar.

En segundo lugar, evita la antinomia semántica de la autorreferencialidad de un lenguaje natural, en la medida que la validación de sus juicios sólo puede realizarse mediante juicios que a su vez requieren la misma validación y así *ad infinitum*. Tarski resuelve esto mediante la distinción formal estricta entre “lenguaje objeto” y “meta-lenguaje”, restringiendo la noción de “verdad en general” a la noción contextual más sensata de “verdad proposicional en un específico lenguaje *L*”, evitando así la indeterminación semántica que surge de la dimensión pragmática de su uso.

En realidad, el problema no surge con Tarski, sino con filósofos como Popper que han visto en la teoría de Tarski —en contra de la propia opinión del autor— la posibilidad de formular una fundamentación filosófica de la concepción ontológico-realista de la verdad o, si

se quiere, una definición epistemológicamente relevante de la verdad. Para sostener dicha tesis se tiene que hacer una completa abstracción de la dimensión pragmática del lenguaje o una reducción lógico-semántica del conocimiento, una suerte de reformulación de la utopía leibniziano-cartesiana de un lenguaje transparente o *mathesis universalis*. Apel ha denunciado –correctamente en mi opinión– que tal estrategia semántica se basa en lo que denomina un “falacia abstractiva” que, por su unilateralidad, conduce a dos paradojas insalvables.

Una primera es la de circularidad. Si la definición tarskiana de verdad proposicional en un lenguaje *L* formalizado es llevada al terreno de la fundamentación filosófica, presupone ya la posibilidad constructiva de un lenguaje artificial formalizado (sin interpretar), cuya interpretación requiere posteriormente la ayuda de un lenguaje científico ya en uso, es decir de un lenguaje natural o lenguaje objeto aplicable a fenómenos identificables.

En otras palabras, el significado de una proposición presupone objetos no sólo “designables” en el contexto de un metalenguaje, sino también “denotables” (referibles) en el uso de un lenguaje objeto o natural. Ello implica una correspondencia entre las intenciones cognitivas del primero y las evidencias perceptivas del segundo. En consecuencia, su teoría semántica de la correspondencia presupone la correspondencia referencial y viceversa.

Para evitar esta circularidad, se plantean dos posibilidades. Como no podemos presuponer una teoría fundamentalista (metafísica) de la correspondencia extralingüística de nuestros enunciados –pues entraríamos en contradicción con la propia definición tarskiana de verdad proposicional como correspondencia contextual–, tendríamos que suponer por algún motivo, la existencia de un Metalenguaje “último”, “final” o “universal”, sujeto absoluto de verificación de las proposiciones verdaderas de los diversos lenguajes objeto.

Pero entonces se trataría de un sistema sígnico (que por principio carecería de la relación triádica que caracteriza un signo) de naturaleza monológica, una suerte de verbo divino completamente descontextualizado, o de un lenguaje privado (psicológico), una especie de lenguaje incomparable con nada, sin intersubjetividad (sin un tercero interpretante), es decir, sin carácter público. En tal caso no sólo ca-

rece de sentido hablar de “verdad objetiva” (como pretende una teoría de la correspondencia), sino que ni siquiera es posible hablar en algún sentido de lenguaje en general.

También un intento de “complementación”

Para evitar esta aporía, se ha planteado una segunda posibilidad –algo así como su *complementación pragmática*– al postular de manera *a priori* –como sugieren Karl-Otto Apel y sus colaboradores– una “comunidad ideal de comunicación”, no como una entidad substancial sino como un ideal normativo de referencia para establecer la validez de todo conocimiento fáctico mediado por signos.

Ello resolvería, por un lado, el problema del solipsismo que enfrenta la filosofía moderna de la conciencia de tipo kantiano, la cual tiene que postular una especie de macrosujeto autárquico trascendental y, por otro lado, el problema del relativismo de los que sólo aceptan la intersubjetividad histórica. Ahora tendríamos una extraña *intersubjetividad dialógica apriorística* que satisface la relación triádica básica de todo conocimiento mediado por signos, sustituyendo la metafísica moderna del sujeto trascendental por una “pragmática trascendental”.

Pero esta alternativa desborda completamente la teoría semántica de la verdad proposicional –como correspondencia contextual en un lenguaje específico– sugiriendo un fundamentalismo filosófico “sobre las condiciones de posibilidad y validez del discurso sobre el discurso”⁴²⁰. Convierte así la propia definición de Tarski en filosóficamente irrelevante, pues ahora se nos remite a las condiciones de validez de todo conocimiento mediado por signos, o “fundamentación pragmático-trascendental *última* de la filosofía”.

Para la concepción semántica de Tarski los lenguajes deben servir de un metalenguaje para la formulación de una “convención *T*” que

420 Apel, Karl-Otto; *Teoría de la verdad y ética del discurso*. Barcelona, 1995, Paidós, p. 62.

designa las equivalencias entre un lenguaje objeto y su metalenguaje. Esta hipótesis fundamental de la semántica-lógica exige remitir la noción de verdad proposicional de un lenguaje natural a su metalenguaje formalizado. El propio lenguaje filosófico es convertido así en un objeto más de análisis lógico-semántico. Con ello, "la diferencia entre lenguaje objeto y metalenguaje se puede prolongar en una jerarquía indefinida"⁴²¹. Precisamente en la semántica-lógica de conjuntos, Quine ha mostrado que una de las fuentes fundamentales de las paradojas reside en la pretensión de postular una "clase última"⁴²².

La pretendida complementariedad de la pragmática con la correspondencia semántica tarskiana propuesta por Karl-Otto Apel, resulta además particularmente problemática en lo que se refiere a la equivalencia de la traducción.

En efecto, la traducción de las proposiciones de un metalenguaje formal sin interpretar (y por tanto artificialmente unívoco) a un lenguaje objeto pragmáticamente interpretado (naturalmente polisémico), no presupone una equivalencia necesaria (analítica) de sus significados. Debido a la radical indeterminación semántica del lenguaje natural impuesto por su uso, éste supone una interpretación intersubjetivamente válida, mientras que la evidencia para la correspondencia no. La equivalencia de significados entre ambos lenguajes presupone una "convención" o "acuerdo" (convención *T* de Tarski) que no se puede garantizar *a priori* (como pretende Apel con el postulado trascendental de una comunidad ideal de comunicación) y más bien supone indefinidas reglas jerárquicas de interpretación para cada lenguaje objeto, sin necesidad de considerar algún metalenguaje final susceptible de "fundamentación última" como aspira Apel.

La tesis central de lo que hemos llamado estructuralismo trascendental presenta un tercer problema. Si asumimos la doctrina de que la contextualidad de nuestros compromisos ontológicos está determinada por una estructura trascendente al discurso, una suerte de experiencia originaria de naturaleza preconceptual, estaríamos postulando *ab initio*

421 *Ibidem*, p. 61.

422 Quine, Willard V.O.; *Set theory and its logic*, *op. cit.*, p. 20, 45, 50, 55, 299 y otros lugares. Cf. también *Palabra y objeto*, *op. cit.*, p. 275.

un dualismo ontológico que supone la paradójica tesis de la existencia de una discontinuidad absoluta entre ciertos entes de naturaleza analítica (existenciaris) y otros de naturaleza histórica contingente (empíricos). Distinción con la cual volveríamos al punto de partida del discurso moderno que comenzamos criticando. Es decir, a la postulación de cierto tipo de entidades –que Heidegger llama “existenciaris”– existentes independientemente de sus relaciones al interior de una ontología históricamente determinada.

Necesidad de un nuevo compromiso ontológico

En conclusión, pareciera que la única manera de eludir la trivialidad o las paradojas en una tesis contextualista del significado de nuestros compromisos ontológicos, se acerca de alguna manera a la tesis del segundo Wittgenstein con la que comenzamos nuestra exposición. Según ésta, existiría una continuidad comunicativa de significación y referencia entre nuestros “usos del lenguaje” y las “formas de vida” que los contextualizan.

Ahora bien, ello implica no sólo abandonar una semántica atomista y asumir una semántica relacional referida exclusivamente a la función comunicativa del lenguaje (Habermas). Implica, también, asumir un compromiso ontológico pragmáticamente relacional, en la medida que hablar de “formas de vida” sólo tiene sentido si nuestros enunciados se refieren a la acción humana en un contexto extralingüístico que sirva como marco de referencia externo, evitando así la circularidad o autorreferencialidad de la tesis⁴²³.

Dicho en términos filosóficos, se trata de dar a la acción humana una connotación ontológica que sirva como estructura contextual límite de toda explicación o significación discursiva, si no queremos

423 Esta circularidad es lo que parece suceder con la definición originaria que dio Thomas Kuhn de Paradigma, y luego corrigió en la “Posdata” a la edición de 1969: “Un paradigma es lo que comparten los miembros de una comunidad científica y, a la inversa, una comunidad científica consiste en unas personas que comparten un paradigma”. Cf. T. S. Kuhn; *La estructura de las revoluciones científicas*, op. cit., p. 271.

caer en la vieja paradoja platónica del “tercer hombre”, mediante la cual la comparación o relación de un paradigma con otro conduce a la necesidad de un “tercer” paradigma y así *ad infinitum*⁴²⁴.

Todo lo dicho plantea que la significación ontológica de nuestros discursos se encuentra relacionada a un doble sistema de referencia: por un lado, en relación a un contexto de civilización material (contexto extralingüístico de acción), y por otro, a un contexto simbólico cultural (contexto propiamente lingüístico de comunicación).

Ello plantea, sin embargo, un nuevo problema. Suponer el carácter situado de nuestros compromisos ontológicos conlleva necesariamente a confrontarnos con el carácter histórico de las estructuras de civilización material y cultural a las que dicho compromiso se refiere.

Plantea, así mismo, el problema de explicar el sentido o continuidad de los cambios que se producen ya no al interior de una misma estructura, sino aquellos que se producen de una estructura a otra distinta (revoluciones de tipo estructural). Dichos cambios carecerían por definición de una estructura de referencia común, lo cual las vuelve “inconmensurables” entre sí, ya que su característica principal residiría en su ausencia de continuidad.

Es probable que haya sido un razonamiento de esta naturaleza el que condujo finalmente a pensadores como Thomas Kuhn o Feyerabend⁴²⁵ a concebir la discontinuidad absoluta que se produce en el desarrollo de las teorías científicas cuando se produce un cambio

424 Basándose en un extensión de ciertas tesis de Quine, el filósofo español Javier Muguerza ha sugerido una interesante salida para evitar tanto el trascendentalismo como el convencionalismo radical: “consiste en preguntarse si la traducción entre paradigmas científicos, como la traducción entre lenguas diferentes, no nos obligaría a admitir la existencia de ‘universales pragmáticos’ que oficien de condiciones de realidad de dicha traducción, en cuyo caso se suscita una nueva pregunta y es la de cuál podría ser en la física el ‘equivalente’ de tales universales lingüísticos. La respuesta sería que uno no tiene nada, en principio, contra los universales pragmáticos... siempre que lleguemos a ellos... no como el resultado de una especie de deducción trascendental”. Javier Muguerza; “La crisis de la filosofía analítica de la ciencia”, en *La filosofía y las revoluciones científicas*, *op. cit.*, p. 227.

425 Feyerabend, Paul K.; *Contra el método: Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*. Barcelona, 1974, Cap. XIII, pp. 118-133.

paradigmático, y a suponer la imposibilidad teórica o metodológica de encontrar algún sentido o continuidad racional al desarrollo del pensamiento científico en su conjunto. Esto es lo que ellos llaman: "la inconmensurabilidad de los paradigmas".

En la teoría de la comunicación de la lingüística estructural se plantea un problema análogo, con el llamado "problema de la comunicación intersemiótica" o también "enigma de la traducción interlingüística" que se produce en el encuentro entre "códigos" de diversas "comunidades lingüísticas"⁴²⁶. Sospecho que el problema de la comunicación o inconmensurabilidad paradigmática tiene su origen más profundo en una concepción del lenguaje como una estructura regulada por un código de carácter monolítico y cerrado.

Problemas

En realidad, esta tesis tiene dos ángulos problemáticos de argumentación:

- a) Desde un punto de vista semántico-lógico, encontrar una estructura de significación absoluta (suprahistórica) que permita incluir todas las estructuras históricamente situadas, resultaría formalmente paradójico. Sería algo así como la estructura de todas las estructuras que no se contiene a sí misma como un elemento, para parafrasear la clásica paradoja de Russell sobre la teoría intuitiva de conjuntos.

Como ya es conocido, "las paradojas semánticas deben su origen a una inadmisible mescolanza de lenguajes", al pretender ampliar de manera ilimitada (sin restricciones) nuestras posibilidades

426 Jakobson, Roman; "Lingüística y poética", en *Ensayos de lingüística general*. Barcelona, 1975, Seix Barral, pp. 347-395 y 23. No me parece casual que dicha aporía se haya expresado con gran claridad en la teoría de la comunicación de la lingüística estructural, pues como bien ha señalado Jakobson, ésta tiene dos fuentes de origen conflictivo. Por un lado, la teoría antropológica de la comunicación de Malinowsky, cuya premisa es la posibilidad de la comunicación intercultural, y, por otro lado, la teoría matemática de la comunicación e información de Shannon y Wiener que supone el valor absoluto del código como base de toda comunicación posible. *Ibid.*, pp. 13 y 16.

de expresión teórica, introduciendo predicados de predicados. Para evitar tales paradojas, nos vemos obligados a distinguir “con rigor entre el lenguaje simbólico de un cálculo y el lenguaje acerca del cálculo, o sea, el lenguaje acerca de las expresiones, teoremas, etc., del cálculo: este último lenguaje se llama el *metalenguaje* correspondiente al cálculo –que puede ser, bien una parte del lenguaje ordinario (como ocurre a lo largo de todo este libro), bien un lenguaje que esté a su vez formalizado, pero entonces con símbolos enteramente distintos de los lenguajes del cálculo...”⁴²⁷.

- b) Pero esta distinción –originada en la teoría de los tipos de Whitehead y Russell–, válida para un formalismo sin interpretar, resulta por lo menos problemática para una teoría del conocimiento estructuralista, pues implicaría suponer la existencia apriorística de alguna estructura analítica (metalingüística, meta-histórica o metarracional autofundante) divinamente privilegiada (descontextualizada) de observación. Es decir, implica postular un compromiso ontológico dualista totalmente contradictorio con la premisa estructuralista inicial acerca del carácter situado de todo contexto simbólico-cultural. En consecuencia, resulta insostenible la defensa de un estructuralismo ontológico fundamentalista.

El dogma de las “estructuras cerradas”

Sospecho la existencia de un origen común en las aporías que subyacen tanto al estructuralismo fundamentalista como al historicista. Éste sería el presupuesto dogmático de que las estructuras simbólicas de un contexto cultural y de acción humana constituyen estructuras de carácter absolutamente consistente y, por tanto, sistemas cerrados de significación y validación⁴²⁸.

427 Hilbert, D. y Ackermann, W.; *Elementos de lógica teórica*. Madrid, 1968, Tecnos, pp. 182-183.

428 Según T. A. Brody (INFUNAM), se trataría en verdad de uno de los problemas más profundos de la epistemología actual, originado por los cambios contemporáneos ocurri-

De igual manera, los estructuralistas no conciben las teorías como clases de enunciados, sino como estructuras que son modelos de un conjunto especificado. Dicho dogma parece provenir tanto de la concepción del lenguaje que subyace a la moderna lingüística estructural, como de la propia epistemología de la Física moderna en tanto paradigma de cientificidad, y quizás en última instancia de la

dos en la Física: "En todas las teorías clásicas de la física, se supone tácita o explícitamente que el sistema estudiado constituye un sistema cerrado y aislado de su ambiente. Este postulado del sistema cerrado juega un papel importante en la formulación y hasta en la estructura de las teorías... se pueden derivar de este postulado, ciertos principios muy fundamentales... es decir, que ciertas de sus características permanecen invariables frente a estos cambios externos, y de este hecho podemos deducir (mediante un teorema matemático bien conocido, el teorema de Noether) que para cada invariancia de este tipo hay una cantidad, una variable que describe el sistema, que se conserva. Es así como la invariancia en el tiempo da lugar a la conservación de la energía; la invariancia en el espacio da lugar a la conservación del impulso lineal, etc. Estas leyes de conservación, cuya importancia en la física es conocida por todos, se puede establecer gracias al postulado del sistema cerrado".

No es que los físicos ignoraran el grado de arbitrariedad que implica el aislamiento de un sistema al considerarlo cerrado y por tanto toda variación como una "perturbación externa", sino que éste era considerado como un buen procedimiento de aproximación inicial. Pues bien, el desarrollo de la Física cuántica después de Schrödinger, ha chocado con este procedimiento tradicional de formular teorías. "Actualmente la electrodinámica estocástica está reinterpretando los resultados de la teoría cuántica sobre una base que es enteramente clásica excepto en un punto vital: abandona explícitamente la idea de que un sistema físico pueda ser cerrado, aislado de su ambiente, y postula que las propiedades cuánticas de un electrón, por ejemplo, provienen precisamente de sus constantes interacciones con el resto del universo". "No se puede hablar aquí de un sistema cerrado, ni siquiera en forma aproximada, porque son precisamente estas interacciones las que confieren al movimiento del electrón aquellas peculiaridades que llamamos comportamiento cuántico... y en general, obedecen a la ecuación de Schrödinger".

Ni siquiera resultaría posible –según Brody– una representación exacta de "todas" las interacciones de un electrón con el resto del universo. Ello equivaldría a una representación exacta del universo y supondría entonces a éste como un sistema cerrado. En ello residiría para Brody el "problema central" de las "epistemologías tradicionales" (como las de Popper o Kuhn, por ejemplo), las cuales "aceptan el postulado del sistema aislado como algo indiscutible...no como una separación introducida en forma postulacional... sino como algo preestablecido en la naturaleza: así surgen los objetos independientes y con ellos la pregunta insoluble respecto a su interacción". De ahí vendría la incapacidad de explicar la racionalidad de los cambios estructurales (Kuhn) o el sentido inmanente de sus continuidades (Popper). Cf. T.A. Brody; "La revolución actual en la física y sus problemas filosóficos", en *La filosofía y las revoluciones científicas*, op. cit., pp. 68-71.

misma definición clásica de conjunto como una colección de objetos completamente determinados por la totalidad de sus elementos agregados (axioma de extensionalidad).

Ello se sigue de la conjetura apriorística de que habría una equivalencia directa, isomórfica y bien ordenada –en un sentido axiomático– entre cada uno de los elementos formales de nuestra estructura simbólica y cada una de las entidades u objetos ontológicos a los que se da existencia y posibilidad de manipulación práctica en dicho sistema⁴²⁹. En términos de nuestras teorías físicas, ello implicaría una absoluta coherencia entre el formalismo (estructura matemática de las teorías) y su interpretación física, debido al carácter absoluto que se supone ha impreso la unidad paradigmática de las teorías científicas⁴³⁰.

Es de dicha suposición de la que se infiere la total discontinuidad interestructural y la inconmensurabilidad entre dos paradigmas. Consecuentemente, todo intento de establecer alguna continuidad histórico-hermenéutica entre contextos simbólicos o discursivos distintos, es acusado inmediatamente de recaer en un teleologismo metafísico premoderno, o en la mitología decimonónica burguesa del “progreso” indefinido.

Tengo la impresión de que es a ello a lo que se refiere el Dr. Antonio Peña cuando sugiere que mi interpretación de la historia de

429 Dos conjuntos son equivalentes (en el sentido de la teoría de conjuntos, que no hay que confundir con el concepto de equivalencia de predicados, que es él mismo un predicado diádico que consiste en que éstos “convienen a los mismos objetos”) “...si los elementos de ambos conjuntos pueden referirse entre sí de modo biunívoco”, y decimos también “que un conjunto está ordenado cuando se ha definido para los elementos del conjunto un predicado diádico, G , que no es reflexivo pero sí transitivo, y tal que para dos elementos cualesquiera distintos, a y b , del conjunto, o bien Gab es verdadera, o lo es Gba ”. Hilbert, D. y W. Ackermann; *Elementos de lógica...*, op. cit., pp. 171 y 176.

430 “Cuando cambian los paradigmas, el mundo mismo cambia con ellos... lo que antes de la revolución eran patos en el mundo del científico, se convierten en conejos después”. Cf. Thomas Kuhn, *La estructura de...*, op. cit., p. 176. I. Lakatos, ha suavizado posteriormente esta férrea omnipresencia del paradigma, distinguiendo entre “teoría científica” y “programa de investigación”, y en este último ha distinguido, a su vez, una “periferia refutable” de un “núcleo teórico inmune a la refutación”. Pero esto no cambia lo esencial del asunto planteado: ¿Cómo explicar el tránsito revolucionario y, peor aún, atribuirle una estructura?

la Física moderna es la “tradicional”, pues supondría que “habría una suerte de continuidad y enriquecimiento del conocimiento científico y no habría inconmensurabilidad entre las teorías clásicas y las contemporáneas, sino más bien una ampliación de aquellas en éstas y, en consecuencia, inclusión de las antiguas en las recientes”.

Frente a dichas críticas, sostengo que la tesis de la inconmensurabilidad de los paradigmas —afirmada en un sentido absoluto y no gradual o relativo— preserva lo esencial del discurso atomista moderno sobre el mundo: la noción ontológica de discontinuidad absoluta entre los entes.

Sólo habríamos sustituido el atomismo mecanicista que postula mónadas discontinuas, irreductibles por la simplicidad de su significación, por una suerte de macroatomismo histórico basado en sistemas monádicos cerrados por la autosuficiencia irreductible de su significación. La robinsonada moderna del individuo aislado habría sido ahora sustituida por un macroindividuo sistémico, aislado de toda relación histórica anterior o posterior. La realidad histórica resulta poblada de entes autistas, cuya sucesión deviene meramente contingente y cuya externalidad los hace mutuamente inconmensurables⁴³¹.

Repetiríamos nuevamente lo que Hegel denominaba la característica “fundamental” del atomismo moderno, a saber: su “externalidad” y “contingencia” ontológica, ya que dada “la existencia independiente de estos átomos... sólo se unen formando un todo complejo meramente externo y contingente... que jamás dice una palabra racional acerca del tránsito de los fenómenos, sino solamente tautologías⁴³². En efecto, no hay relación alguna entre dichas entidades por-

431 La lingüista peruana Rocío Caravedo ha resaltado con mucho acierto la presencia significativa de este neo-atomismo en el caso de la lingüística estructural contemporánea: “El lingüista se sumerge en las particularidades de cada sistema para aprehender sólo lo inmanente. El objeto termina particularizándose. Bajo el concepto general de sistema, cada lengua constituye un objeto único, irrepetible, hasta cierto punto incomparable. Toda lengua tiene así su propia gramática. La universalidad reside no en la teoría, sino en el método o, más precisamente, no en el objeto sino en los principios metodológicos. El atomismo positivista queda peligrosamente disfrazado en un nuevo atomismo de los sistemas”. Caravedo, Rocío; *La competencia lingüística...*, op. cit., pp. 117-118.

432 Hegel, *Lecciones de...*, op. cit., T.I, p. 284.

que toda relación ha sido rechazada *a priori* al considerar los sistemas como unidades cerradas de significación.

Pero es precisamente dicha tesis la que el debate filosófico contemporáneo ha puesto en duda. Quine ha cuestionado precisamente la idea de “clase última” en la semántica lógica conjuntista. De igual manera, “los ‘textos’ para Derrida y ‘la conducta humana’ para Davidson, son redes de relaciones carentes de centro, redes que siempre pueden ser redescritas y recontextualizadas situándolas en una red mayor... no existe nada semejante a ‘red mayor’ –no hay un todo limitado que pueda ser objeto de una indagación específicamente filosófica”⁴³³.

En cierto sentido, la hermenéutica de Gadamer ha recontextualizado un aspecto sumamente sugerente de la dialéctica hegeliana: “Se trata de la relación circular entre el todo y las partes: la significación anticipada por un todo se comprende por las partes, pero es a la luz del todo como las partes asumen su función clarificante... este sentido global puramente anticipado espera ser confirmado o rectificado para poder formar la unidad de una mirada concordante. Pensemos esta estructura de una manera dinámica; se constata enseguida que la comprensión renueva por círculos concéntricos la unidad efectiva del significado anticipado. Es la coherencia perfecta del significado global y final el que se convierte en criterio de la comprensión. Cuando la coherencia falta, entonces hablamos de fracaso de la comprensión”⁴³⁴.

No obstante, me parece que Gadamer cae en el mismo error de Hegel al explicar la dinámica de estas totalidades en términos de una “coherencia perfecta” entre el “significado global anticipado” y el “final”, como criterio de su confirmación o fracaso. Sigue buscando una relación sintética de equivalencia perfecta, que al igual que el idealista Hegel nos lleva a buscar el metarrelato –sea el “metalenguaje” de Tarski, la “hermenéutica universal” de Gadamer o el “conjunto último” de Russell– total y final de la coincidencia (en alguna “idea

433 Rorty, Richard; *Ensayos sobre Heidegger...*, op. cit., p. 90.

434 Gadamer, H.G.; *El problema de la conciencia...*, op. cit., pp. 96-97.

absoluta" hegeliana) entre lo "racional" y lo "real". Ella parece ser la eterna aporía en la que se mueve una comprensión semántica de la verdad como correspondencia o equivalencia entre estructuras totales cerradas: el metarrelato final o la incommensurabilidad relativista de los paradigmas.

El teorema en realidad es cómo entender la continuidad y discontinuidad históricamente existente entre los paradigmas, sin suprimir artificialmente ninguno de sus dos componentes "contrarios". Asumir la aparentemente insalvable "incoherencia" recontextualizando los supuestos profundos de nuestras nociones tradicionales de consistencia y de correspondencia isomórfica como criterios absolutos de identidad y de cientificidad. Es en este punto que me parecen cruciales los trabajos de Lógicas paraconsistentes, de Teorías cuasi-conjuntistas y de reformulación dialógica de una teoría pragmática de la verdad.

La tesis que he presentado a consideración apunta a demostrar precisamente que si se estudia la génesis conceptual de la estructura simbólica de la Física moderna y contemporánea, resulta razonable pensar que ellas no constituyen sistemas teóricos absolutamente consistentes en el sentido de una correspondencia directa, isomórfica y bien ordenada entre su formalismo simbólico y la interpretación física de dicho formalismo⁴³⁵.

Lo que quiero enfatizar es que tenemos un sistema formal relativamente consistente, simplemente cuando reunimos un conjunto finito de símbolos, regidos por un número finito de axiomas y reglas de inferencia con las que podemos construir fórmulas (teoremas del sis-

435 Por ejemplo, las ecuaciones de transformación de Lorentz fueron interpretadas físicamente por éste en términos corpusculares clásicos, extrapolando las ecuaciones continuas de Maxwell, hasta que sus valores alcanzaron una estructura mínima, a la cual dio el nombre genérico de "electrón", análogo a una entidad puntual, resultado de la contracción de su movimiento acelerado. Con ello mantuvo invariable el contexto espacial y temporal del paradigma newtoniano. Las mismas ecuaciones serán interpretadas por Einstein en forma contextual y no corpuscular, de manera que serán la longitud misma y el intervalo temporal mismo —en la dirección del movimiento— los que en su conjunto se contraerán. Lo mismo sucederá con el formalismo mecánico cuántico. Éste tiene muchas interpretaciones físicas en disputa: la interpretación de Copenhague (Bohr), la interpretación esta-

tema) cuya validez lógica (verdades en dicho dominio) es independiente de la interpretación semántica que le demos.

Pero, "...cuando tenemos una colección de símbolos, estos son susceptibles de muchas y distintas interpretaciones (o modelos, como se les llama), y es posible que existan interpretaciones que sean completamente distintas del dominio en que inicialmente habíamos pensado... El resultado decisivo que muestra que hay ciertamente interpretaciones no pretendidas, fue demostrado en 1915 por Lowenheim y refinado por Skolem"⁴³⁶, (Teorema de Lowenheim-Skolem).

Con esto pretendo sostener no sólo la conocida incompletitud de los sistemas formalizados⁴³⁷, sino la de todo sistema teórico que intenta identificar un sistema formalizado con alguna interpretación física en particular, para obtener con ello la posibilidad de un sistema cerrado y exclusivo de significación absolutamente consistente. Siempre existirá alguna sentencia en él –y su respectiva interpretación– cuya afirmación o negación resultará indecible y/o "no pretendida" dentro de dicho sistema.

dística (Ballentine), la corpuscular (Landé), la ondulatoria (Schrödinger), etc. La propia interpretación de Copenhague ("ortodoxa") puede sufrir, a su vez, interpretaciones ontológicas diversas: fenomenista, idealista, materialista, vitalista, etc., según se considere la naturaleza de los entes referidos por la teoría, o la completitud o incompletitud de dicha teoría. Es decir, el contexto lingüístico y extralingüístico en el que se le coloca. Y todo ello, a pesar del explícito esfuerzo fenomenista desplegado por Niels Bohr para evitar todo compromiso ontológico.

Es posiblemente esta confusión de niveles de pertinencia significativa la que llevó a Kuhn y Feyerabend a subsumir íntegramente y sin contradicciones la estructura matemática y la interpretación física en la noción unificadora de "paradigma", originando la perplejidad acerca de la "inconmensurabilidad" entre paradigmas. Ello ha permitido con razón a Hempel objetar que la noción de "inconmensurabilidad no resulta clara" pues ella no implica necesariamente la "incomparabilidad" absoluta entre dos paradigmas distintos, como lo muestran los casos señalados en los que se maneja un formalismo común. Sospecho que fue esta dificultad la que llevó originalmente a Kuhn a definir sociológica y no analíticamente el concepto de paradigma, pero ya vimos también como esto lo condujo a problemas de circularidad.

436 Crossley, *et al.*, *¿Qué es la lógica matemática?*, *op. cit.*, p. 44.

437 ¿Cómo poder determinar si es posible derivar todas aquellas fórmulas que corresponden a verdades del dominio que se formaliza? Tal problema, por ejemplo, ya no es un teorema del sistema.

Además, en el estudio de las relaciones entre los lenguajes formales y las interpretaciones de los lenguajes formales, el Teorema de Compacidad —un instrumento importante de la teoría de modelos— sugiere con fuerza que todo conjunto, además de tener un modelo isomórfico (correspondencia una a una de propiedades y relaciones de ambos conjuntos, o igual cardinal), también tiene un modelo no isomorfo (tiene algo más). Dicho en otras palabras, el formalismo no determina completamente qué objetos tenemos, ni abarca todas las relaciones estructurales que en ellos intervienen.

¿Por qué no pensar de otra manera la *episteme*?

Mi tesis apunta a demostrar que los paradigmas constituyen estructuras discursivas *intrínsecamente abiertas*. La prueba de lo dicho reside en que al interior de un paradigma científico no sólo existen “enigmas” —como señala Kuhn—, sino diversas paradojas que originan interpretaciones en disputa en el afán de hacer corresponder la expresión simbólica formal con el compromiso ontológico que sugiere la interpretación física del formalismo⁴³⁸.

Y cuando hablamos de “apertura”, hablamos también de “continuidad”. Para decirlo de manera inversa: como las “entidades” que

438 Ya los intuicionistas matemáticos de principios de siglo notaron que la naturaleza intrínsecamente abierta y la presencia de paradojas en las teorías matemáticas, no eran propiedades independientes sino estrechamente relacionadas en todo sistema teórico, haciéndolos irreducibles a un procedimiento puramente analítico o puramente empírico de validación y desarrollo. Con ellos coincidió en este punto el célebre matemático convencionalista H. Poincaré: “La misma posibilidad de la ciencia matemática parece una contradicción insoluble. Si esta ciencia es deductiva sólo en apariencia, ¿de dónde viene ese rigor perfecto que nadie sueña poner en duda? Por el contrario, si todas las proposiciones que enuncia se pueden deducir unas de otras por las reglas de la lógica formal, ¿cómo no se reduce la matemática a una inmensa tautología...? y, si todo debiera partir del principio de identidad, también todo debiera conducirnos a él. ¿se admitirá, pues, que los enunciados de todos esos teoremas que llevan tantos volúmenes son sólo maneras retorcidas de decir que A es A?”. De manera inversa “...la regla del razonamiento por recurrencia es irreducible al principio de contradicción”. Cf. J.H. Poincaré; *La science et l'hypothèse*, en *Poincaré, op. cit.*, caps. I y VI, pp. 30 y 39.

pueblan las teorías no son cuestiones de hecho objetuales sino constructos comunicativos contextuales referidos a nuestra acción sobre el mundo, jamás un hecho aislado puede refutar o confirmar una teoría, y menos aún un paradigma, o justificar su cambio por otro completamente distinto⁴³⁹. Son las paradojas originadas al interior de dichos contextos las que devienen en antinomias y conducen a la demanda de “revoluciones estructurales” (Kuhn), o al cambio de “conceptos fundamentales” (Heidegger). Es decir, a cambios de compromiso ontológico como los que se produjeron con la Teoría de la Relatividad y la Física cuántica relativista⁴⁴⁰.

En consecuencia, si aceptamos que los sistemas o estructuras de significación paradigmática –y sus cambios– se encuentran determinados finalmente por estos factores de desgarramiento interno, el análisis de la génesis histórica de dichas paradojas debe evidenciar los horizontes teóricos de dichos paradigmas, es decir, su contexto de discontinuidad. Tal es el momento en que las paradojas devienen en

439 La idea de que un hecho aislado puede refutar una teoría es una consecuencia paradigmática de la ontología atomista moderna. Para los modernos, los hechos son interacciones objetuales de naturaleza puntual (choque, rozamiento u oscilación de un medio). Aquí la noción de interacción es vista como una relación directa y aislable del contexto. De ahí el sentido profundo que adquiere la crítica de Hume a la noción de interacción causal. Pero éste no era el caso para el paradigma griego de ciencia. Para Aristóteles, los hechos no eran entidades aislables. Su relevancia venía precisamente establecida por su pertenencia a una cadena causal y ésta por su pertenencia a una causa primera. La relación causal era definida como una relación “principio-fin”, imposible de ser aislada de su contexto o de contradecirlo. La crítica humeana habría carecido de sentido en la antigüedad. Desde otro ángulo, una excelente crítica al criterio popperiano de falsación de las teorías científicas puede verse en Juan B. Ferro; “Popper, la lógica del descubrimiento científico”, en *La filosofía alemana...*, D. Sobrevilla, editor. Lima, 1978, pp. 373-381. El carácter puramente “definitorio” y “antropomórfico” de las principales leyes de la mecánica moderna –inercia, aceleración, acción y reacción, composición de fuerzas, etc.– y su consecuente irrefutabilidad empírica, fue también magistralmente desenmascarada a comienzos de nuestro siglo por Henri Poincaré en *La science et...*, *op.cit.*, pp. 44-60.

440 Vale la pena recordar en este aspecto la célebre afirmación de Gödel sobre la longitud o significado de la continuidad deductiva: “El tránsito a la lógica del tipo inmediato superior no sólo permite deducir ciertas sentencias que previamente eran indeducibles, sino que permite también acortar extraordinariamente una infinidad de deducciones de que ya disponíamos”, Cf. Kurt Gödel; “Sobre la longitud de las deducciones” (1936), en *Obras completas, op. cit.*, p. 190.

antinomias, esto es, en contradicciones insolubles al interior del mismo sistema que las engendró, y exigen, por tanto, un cambio del contexto estructural.

Decimos que las paradojas devienen en antinomias cuando constituyen enigmas que no tienen resolución al interior del sistema que las produjo, por ser éstas incompatibles con su estructura categorial⁴⁴¹. El agotamiento y desborde de los viejos marcos categoriales exige establecer un nuevo compromiso ontológico compatible con un sistema categorial diferente, desde el cual es posible decidir la antinomia y construir nuevas funciones veritativas⁴⁴².

Hablamos con sentido de que un paradigma sustituye a otro sólo cuando este último resuelve las paradojas originadas en el primero y no constituye un simple cambio de tema o moda. Resulta entonces completamente razonable hablar (comparativamente) de una continuidad parcial entre el primero y el segundo, así como de una superioridad del último sobre el anterior en dicho contexto de discontinuidad, sin necesidad de recurrir a un sistema de referencia externo de naturaleza teleológica.

Es este doble aspecto de continuidad y discontinuidad immanentes lo que nos permite hablar con sentido de “revoluciones estructurales” y, más aún, de una “estructura comparativa” de las revoluciones científicas; y, consecuentemente, de un “tránsito” de la Física moderna a la Física contemporánea y no de un simple “cambio de moda”. Creo, por todo ello, que la tesis de Kuhn sobre la “inconmensurabilidad de los paradigmas” resulta contradictoria con su propia tesis de la existencia de una “estructura de las revoluciones científicas”⁴⁴³.

441 Es decir, no se trata simplemente de teoremas contradictorios con el sistema (falsos), ni tampoco de axiomas o definiciones independientes pero compatibles con el resto de axiomas y definiciones de dicho sistema, sino precisamente incompatibles. Utilizo así la distinción entre “paradoja” y “antinomia” señalada por Ayda Arruda en “Panorama de la lógica paraconsistente”, *op. cit.*, pp. 157-198.

442 “Los científicos solamente se comportan como filósofos, cuando deben decidir entre teorías en conflicto”, Cf., T.S. Kuhn; “¿Lógica del descubrimiento o psicología de la investigación?”, en *La crítica y el desarrollo del conocimiento*. Barcelona, 1975, Grijalbo, p. 87.

443 Esto ha llevado al filósofo uruguayo Mario H. Otero a afirmar que: “La estructura de las revoluciones científicas de T.S. Kuhn, a pesar de su título, curiosamente no especi-

Como dije al principio de la presente exposición, esta visión filosófica general acerca de la evolución histórica de las estructuras simbólico-culturales y de las estructuras sociales extralingüísticas, no constituye el objeto central de mi tesis. Ella sólo aspira a demostrar su validez en el caso particular de la evolución de la Física moderna a la contemporánea. Su importancia peculiar, reside en el hecho de que la Física atomista constituyó el paradigma de cientificidad por excelencia de la modernidad. Han sido sólo los requerimientos críticos del jurado informante los que me han obligado a intentar explicitar el trasfondo filosófico general que subyace al análisis particular realizado.

Dicho trasfondo filosófico no resulta evidente a primera vista porque sus enlaces se diluyen –por decirlo así– en la misma trama en

fica de ningún modo preciso tal estructura; se limita a considerar aspectos a tener en cuenta... y no más". Cf. "Metateoría estructural y desarrollo científico: discusión de algunas consecuencias propuestas", en *La filosofía y las revoluciones...*, op. cit., p. 243. Patrick Suppes ha ido más allá al señalar que se trata "de la ausencia de cualquier teoría sistemática de la estructura". Para Suppes, una estructura no queda propiamente caracterizada por el simple hecho de que demos una lista de sus principales rasgos, "sino más bien al decir cómo se relacionan y entrelazan esos rasgos". Por ejemplo, tiene algún sentido hablar "de la estructura de la geometría euclidiana en un sentido abstracto", o "de la estructura del átomo" o de "la estructura del sistema solar", pero ello es "radicalmente diferente" a lo que tenemos acerca de "la estructura de las revoluciones científicas", la cual sólo refiere a una suma de impresiones subjetivas o a alguna "idea romántica" sobre nuestro desarrollo intelectual. Cf. Patrick Suppes; "El estudio de las revoluciones científicas: teoría y metodología", en *La filosofía y las revoluciones...*, op. cit., pp. 296-297.

Wolfgang Stegmüller ha realizado un intento meticuloso al interior de la "concepción semántica de las teorías científicas" para resolver la perplejidad estructuralista acerca de la continuidad o racionalidad interestructural. Cf. *The structure and dynamics of theories*. New York, 1976, Springer. Él distingue dos niveles de racionalidad, una de carácter "intraparadigmático" y otra de carácter "interparadigmático". La primera explicaría la evolución de la "ciencia normal" y la segunda las "revoluciones científicas" o cambios de paradigmas. La primera estaría dominada por una lógica matemática, mientras que la segunda por una suerte de lógica pragmática. Pero una vez iniciado el dualismo –en ontología o teoría del conocimiento– la multiplicación de las sustancias no parece tener fin y la "relación" entre las diversas formas de racionalidad se torna enigmática.

En efecto, la reconstrucción de la racionalidad "intraparadigmática" plantea a Stegmüller la necesidad de una nueva dualidad. Distingue entre una "estructura matemática" propiamente teórica –equivalente al "núcleo" inmune a la refutación de Lakatos– y un indeterminado número de "modelos" de interpretación empírica, entre los cuales se opera la evolución de la ciencia normal. No es lo mismo entonces una "Teoría" –estructura ma-

que se desenvuelve el sentido común y la complejidad de las diferentes disciplinas del saber científico, mientras que aquí las hemos convertido en el objeto mismo del análisis.

Vale la pena por ello concluir esta primera respuesta, suscribiendo –sin sus implicancias fundamentalistas– las siguientes memorables palabras con las que Hegel introducía hace casi dos siglos sus *Lecciones sobre la historia de la filosofía*:

Las formas de pensamiento, así como los puntos de vista y los principios, que rigen en las ciencias y constituyen el fundamento último de su restante materia, no son sin embargo, propias y peculiares de ellas sino formas comunes a la cultura de una época y un pueblo... nuestra conciencia encierra estas nociones, las acata como criterios últimos determinantes, se atiene a ellas como a los enlaces que la guían; pero no las sabe, no las convierte en objeto e interés de estudio (...) Todo su saber, todas sus nociones se hallan informadas y gobernadas por esta metafísica, que es como la red en que aparece envuelta toda la materia concreta en que se ocupan los actos y la vida de los hombres. Pero esta trama y sus nudos se hunden en nuestra conciencia corriente, en la complejidad de la materia... aquellos hilos generales no se destacan ni se convierten por sí mismos en objetos de nuestra reflexión⁴⁴⁴.

temática que marca los límites del universo paradigmático de una comunidad científica –que “disponer de una teoría” –modelos posibles de interpretación empírica de la estructura formal. El carácter paradójico de esta concepción es exactamente análogo al del modelo de la “pajarera” ilustrado por Platón en el *Teeteto* (197c-200d).

Pero los problemas más graves surgen al intentar explicar la lógica de la racionalidad “interparadigmática”. Stegmüller tiene que abandonar su explicación lógico matemática –válida sólo para una estructura sincrónica– y, por otro lado, no puede apelar a una justificación empírica de carácter no-estructural. Recurre entonces a una suerte de racionalidad “pragmática” que justifica el cambio de un paradigma por otro, por el “incremento del rendimiento” (explicativo y predictivo). Esta tesis tiene innumerables contraejemplos en la historia de la ciencia moderna. Es realmente insostenible justificar el surgimiento del paradigma copernicano o newtoniano por un mayor rendimiento explicativo o predictivo que los paradigmas ptolemaico o cartesiano respectivamente. Creo que hay una arbitraria reducción del concepto de racionalidad científica en la metateoría estructuralista, debida precisamente al reduccionismo semántico que se impone a toda consideración contextual extralingüística.

444 Hegel; *Lecciones sobre la... op. cit.*, p. 58.

XII

Posheideggerianos vs. postarskianos: La pragmática como paradigma de verdad

“... Debe ponerse de manifiesto que la ciencia surge en el diálogo (...) que la colaboración de hombres muy diferentes puede conducir a resultados científicos de gran alcance”.

WERNER HEISENBERG

CENTRADA ALREDEDOR DE LA TESIS SEMIÓTICA de la tridimensionalidad del signo lingüístico, y a partir de ella, en la tridimensionalidad intersubjetiva del conocimiento mediado por signos, la pragmática nos remite históricamente –mucho antes que el actual “pragmatic turn” de la filosofía de la ciencia– a fines del siglo pasado y comienzos del presente, a la obra del gran pensador norteamericano Charles Sanders Peirce.

Con el giro semiótico introducido por Peirce, el conocimiento discursivo –mediado por signos– dejó de ser interpretado en la forma tradicional cartesiana de una misteriosa relación representacionista diádica entre sujeto y objeto, origen de las dos aporías fundamentales de la llamada teoría del conocimiento moderno: el escepticismo (la enigmática distinción kantiana entre “fenómeno” conocido y “cosa en sí” incognoscible) y el solipsismo (la enigmática posibilidad del conocimiento o comunicación con otras mentes).

Desde el punto de vista sugerido por Peirce, resultaba paradójico interpretar el conocimiento simbólico como un intercambio (representación) entre una conciencia aislada y la cosa en sí. Ello supondría

la absurda idea de la existencia de una especie de lenguaje privado, compuesto por una suerte de “signos no interpretables” (signos que no significan nada) en la medida que no requieren necesariamente de un “tercero interpretante”.

El giro pragmático

Para el giro pragmático, la noción representacionista del conocimiento (no-comunicativa o si se quiere no-social) conlleva una noción dogmática y fundamentalista de la verdad, una especie de correspondencia mágica, especular, transparente y directa (entre sujeto y objeto), no mediada intersubjetivamente. Ella resulta totalmente problemática, porque supone la existencia de los “significados” como entidades ideales de segundo orden (mentes, pensamientos e ideas) independientes de su uso comunicativo social. Y en este punto se diferencia la “pragmática semiótica” de Peirce, de la versión “psicologista” o subjetiva que le dio su discípulo William James. Con esto quiero distinguir enfáticamente la pragmática lingüística, del pragmatismo filosófico, al menos de su versión más popular. No creo que el segundo sea consecuencia necesaria de la primera.

Según Peirce, todo signo se caracteriza por remitirse a otro signo y supone un intercambio comunicativo público, de lo contrario no estamos hablando en algún sentido comprensible de signo alguno, ni de representación simbólica, ni de lenguaje en general y menos aún de conocimiento científicamente válido.

El “pragmatismo semiótico” de Peirce no sólo nos conduce a una teoría objetiva del significado a partir del uso lingüístico disponible, sino que, a diferencia de la concepción descriptivista o contemplativa (el conocimiento como un *picture* de la realidad), nos remite también al contexto no inmediatamente disponible de nuestra pre-comprensión del mundo, es decir, al mecanismo normativo que nos permite construir y modificar dicho uso lingüístico (consenso), de acuerdo a la máxima pragmática sobre el sentido de la verdad estipulado “por las consecuencias de su uso”.

En dicho sentido, el criterio consensual de la verdad no “refleja” un consenso fáctico o una cuestión de hecho (“segundidad”), sino que nos remite a una concepción vinculante de la verdad de carácter normativo o regulativo de una comunidad (“terceridad”). El discurso argumentativo de la ciencia sólo tiene sentido si supone la hipótesis de que podemos alcanzar un acuerdo intersubjetivamente válido bajo condiciones óptimas o paradigmáticas. Sin esta suposición sería irrelevante la argumentación misma en la que se desenvuelve, por ejemplo, una comunidad de investigadores.

Pensar “la verdad” independientemente de dicha hipótesis, no es sino el resultado de una “falacia abstractiva” o absolutización semántica del lenguaje como “verbo divino” o *mathesis universalis*, como expresión de alguna “conciencia trascendental” y no como un instrumento profano de comunicación intersubjetiva de una comunidad. De ahí que ningún criterio fáctico puede servir por sí sólo como criterio suficiente de verdad si no remite la conciencia subjetiva de tal hecho a la intersubjetividad.

Pero el consenso comunicativo como criterio regulativo al que alude Peirce, tampoco es una categoría metafísica *a priori* de una “conciencia trascendental” (razón o intuición “pura”), o un “imperativo categórico” de una “razón práctica pura” como en la filosofía kantiana, sino que está subordinado históricamente a la participación dialógica argumentativa.

La afirmación “es verdadero” tampoco es una mera redundancia monológica metalingüística del hablante sobre su lenguaje objeto (equivalencia tautológica⁴⁴⁵), tal y como se define en la concepción semántica de la verdad por correspondencia, sino la participación activa de un “tercero interpretante” (interlocutor) en la comunicación. En realidad, “es verdadero” quiere decir: “sí estoy de acuerdo con que ‘p’ es (o no es) verdadero”. En otras palabras, no nos remite a alguna entidad metafísica o metalingüística de segundo orden, sino al

445 Nos referimos a la equivalencia con la que Tarski ilustra su definición semántica de verdad: “La proposición ‘la nieve es blanca’ es verdadera si y sólo si, la nieve es blanca”. Tarski, A.; “The conception semantic of...”, *op. cit.*, p. 343.

contexto comunicativo formado por la tradición interpretativa de una comunidad histórica.

El consenso peirciano tampoco es un hecho “convencional” o “protocolar”, en el sentido tradicional de “subjetivo” (como “mundo de intencionalidades privadas”, opuesto al “mundo público externo”) que le atribuye la filosofía moderna de la conciencia. Dicho discurso filosófico pasó precisamente por alto el carácter intersubjetivo (público) de la propia pretensión de validez (interpretación) del conocimiento mediado lingüísticamente.

La diferenciación abismal entre subjetivo (privado) y objetivo (espacio público) es ella misma una *petitio principii* categorial, que supone contradictoria y dogmáticamente un ámbito o entidad intencional de segundo orden que escapa a la validación comunicativa lingüísticamente mediada en la que ha sido enunciada.

En realidad, se trata del presupuesto metafísico moderno de la conciencia aislada, la del *Ego cogito* cartesiano como criterio de evidencia. Pero ello no constituye sino una hipostación metafísica del propio proceso social de individuación moderno. Es decir, de una forma histórica peculiar de constitución intersubjetiva del mundo moderno.

Si bien la reinterpretación pragmática del saber y del actuar en la filosofía contemporánea ha planteado nuevos términos en los que se desenvuelve el debate epistemológico, no ha escapado a los alcances de una vieja disputa filosófica entre naturalistas e historicistas por un lado, y trascendentalistas-fundamentalistas por el otro. En general, podemos dividir el debate entre los partidarios de una pragmática lingüística, trascendental o formal, que apunta a una fundamentación discursiva última del saber y del actuar (Apel y Habermas, por ejemplo) y los partidarios de una pragmática lingüística, conductista, naturalista o historicista, que apunta a la contingencia de las formas de vida intersubjetivas (Quine, Davidson o Rorty, por ejemplo)⁴⁴⁶.

446 “... lo importante de ambas tradiciones, la que llega hasta Davidson y la que llega hasta Derrida, no es lo que éstas dicen sino lo que *no* dicen, lo que evitan más que lo que proponen. Obsérvese que ninguna tradición menciona al sujeto cognoscente ni al objeto del conocimiento. Ninguna de ellas habla sobre una cuasi-cosa denominada lenguaje que funciona de intermediario entre sujeto y objeto. Ninguna permite formular problemas

Posheideggerianos: La búsqueda de una pragmática trascendental

En cierto modo, se podría decir que la vertiente trascendentalista de la pragmática contemporánea tiene sus raíces en el presente siglo, en el giro posheideggeriano que imprime Hans-Georg Gadamer a la hermenéutica fenomenológica. Éste consiste —entre otros aspectos que no vienen al caso para efecto de nuestra investigación— en repensar el saber desde la misma lógica histórica del preguntar, con la intención básica de desbordar, por un lado, los límites especulativos de lo que denomina *metafísica conceptualista*, que en su opinión conduce a un esencialismo dogmático y, por otro lado, desbordar el pragmatismo puramente lingüístico que conduce al relativismo:

No es en el saber especulativo del concepto sino en la *conciencia histórica*, donde se lleva a término el saber de sí mismo del espíritu⁴⁴⁷.

Lo que Gadamer intenta esclarecer es precisamente la estructura y función de la racionalidad histórica de nuestros saberes. En ella, tanto el sujeto como el objeto de la reflexión no son considerados “ónticamente” o “lingüísticamente”, sino como una pluralidad de ámbitos y saberes históricos, es decir, como un entrecruzamiento dialógico y complejo de tradiciones, prejuicios, autoridades y círculos hermenéuticos que va a denominar en su conjunto como “experiencia” o “racionalidad” hermenéutica universal:

La hermenéutica no toca a su fin allí donde la comunicación parezca imposible porque se hablan ‘distintos lenguajes’. Ahí, más bien, se plantea la labor hermenéutica justo en toda su seriedad, como el imperativo de encontrar un lenguaje común. Pero esto no es nunca un

sobre la naturaleza o posibilidad de la representación o la intencionalidad... En resumen, ninguna de ellas nos introduce en los vínculos particulares a los que nos llevó la tradición representacionalista, anclada en la distinción sujeto-objeto”. Rorty, Richard; *Ensayos sobre Heidegger y...*, op. cit., p. 21.

447 Gadamer, Hans-Georg; *Verdad y método. Fundamentos de una hermenéutica filosófica*. Salamanca, 1975, Sígueme, p. 290.

hecho dado (...) pluralidad de lenguajes humanos no es ninguna barrera para la razón, cuya palabra es común a todas las lenguas, como ya sabía Heráclito⁴⁴⁸.

La racionalidad hermenéutica consiste entonces en el intento de elaborar una estructura comprensiva conformada por dos factores: la historicidad efectiva y la fusión de horizontes, sobre las cuales es posible reconstruir los vínculos que conforman la estructura dialógica de la comunicación humana.

Según Gadamer, la invasión que se ha producido en los tiempos recientes en los ámbitos de la filosofía, de la vida política o en las ciencias humanas de palabras como “cosmovisión” o “conflicto de cosmovisiones” (o más recientemente de “paradigmas”) como frecuente explicación última de las “divergencias” entre distintas partes en litigio –que más de una vez han llegado a acuerdos–, es un reconocimiento fáctico de cómo sus respectivas posiciones opuestas forman, cada una de ellas, parte de un todo comprensible y coherente que demanda el reconocimiento de la multiplicidad de perspectivas particulares existentes. En opinión de Gadamer, dicha demanda constituye una característica intrínseca del desarrollo de lo que llama “espíritu moderno”, característica epocal que es ella misma un “modelo de reflexión” de indudable valor metódico, que *Verdad y método* se propuso fundamentar autorreflexivamente.

Para Gadamer, dicho modelo se remonta en las ciencias humanas, por sus motivos espirituales, a Herder y el romanticismo alemán, en la forma simbólica de una “conciencia histórica” (sobre la que precisamente se forjó la modernidad alemana en un acto de reconciliación con su pasado) que consiste en oír “la voz que le viene del pasado” situándola en el “contexto” en que se “enraizó” para ver ahí su “significado y el valor relativo que le conviene”. Gadamer llama a este comportamiento “interpretación” y lo presenta como una actitud opuesta al anacronismo histórico, que caracteriza como “ingenuidad natural”.

448 *Ibid.*, p. 497.

La necesidad de la interpretación surge entonces ante el carácter “extraño”, oscuro o no inmediatamente evidente de aquello que pretende ser comprendido. De hecho, no es casual que la hermenéutica filológica y teológica sea un arte heredado de los antiguos, ámbitos en los que resulta más difícil el encuentro dialógico de perspectivas divergentes. Sin embargo, hoy asistimos a una situación global completamente diferente, en parte gracias a Hegel, Nietzsche y Dilthey, a una universalización filosófica de dicho concepto, que se aplica no sólo a los textos sagrados y las tradiciones orales, sino a todo lo que es histórico, es decir, a todo aquello cuya comprensión está en una situación histórica frontalmente diferente o extraña a la nuestra y nos obliga a confrontar un diálogo o intercambio simbólico radicalmente diferente que el planteado por la metodología experimental y analítica científico-naturalista.

Es a partir de estos antecedentes gadamerianos que se configuran propiamente los intentos de Karl-Otto Apel por desarrollar perspectivas trascendentales a la pragmática semiótica de Peirce. Apel parte de la necesidad de profundizar este autoconocimiento histórico, distinguiendo en primer lugar “la problemática de la verdad referida a las ciencias empíricas de la naturaleza” de la problemática “más compleja” referida a las ciencias hermenéuticas del espíritu o ciencias sociales crítico-reconstructivas; aquellas cuyos enunciados pretenden comprender y juzgar fenómenos de la experiencia humana estructurados simbólicamente. Fenómenos que contienen ya en sí mismos enunciados lingüísticos, acciones, obras o instituciones tras las cuales hay intenciones, motivos y convenciones con pretensión de validez, legitimadas y explicadas lingüísticamente⁴⁴⁹.

Apel considera que mientras la validez de los enunciados de las ciencias empíricas de la naturaleza se pueden explicar describiendo la racionalidad de la interacción comunicativa del mundo de la vida (formas de vida práctica de una comunidad), las segundas presuponen una racionalidad simbólica o “comunidad de discurso” dada pre-

449 Apel, Karl-Otto; *Teoría de la verdad y ética del discurso*. Barcelona, 1995, Paidós, p. 98.

viamente a las formas de vida práctica. Presuponen un código común de carácter normativo, cuya racionalidad es imposible de establecer con predicados descriptivos, empíricamente falseables, pues ella es de carácter valorativo; está constituida por motivos que no son una consecuencia del mundo de la vida sino que fundan dicho mundo a partir de una comunidad de discurso en gran medida hipotético.

Su validación no nos permite una “abstención metódica de valoración” o “neutralidad valorativa”, pues ellos mismos constituyen una prevaloración normativa, que sólo en una pequeña parte se encuentra fundada en su concordancia con las formas de vida fáctica que conforman la comunidad que presiden. La verdad de sus enunciados supone el consenso sobre la universalidad de sus normas, y su comprensión nos remite a una reconstrucción hermenéutico-crítica de su evolución cultural e intercultural.

Parafraseando a Gadamer, esto significa “comprender o interpretar la tradición cada vez de manera distinta”. Fusión y ampliación sucesiva de horizontes y contextos históricos, relevantes para los acuerdos intersubjetivos e interculturales sobre normas y valores. Lo que quiere decir que si bien éstos no son falseables (y por tanto realizables prácticamente) sí son perfectibles, en la medida que permiten ampliar cada vez los horizontes de sentido consensuales y hablar en algún sentido de progreso reconstructivo.

Apel: ¿Nueva fundamentación última del saber?

Esto significa que a través de la comprensión científico-humanística accedemos a un tipo de enunciados completamente distintos de los enunciados teórico-descriptivos de las ciencias naturales, sociales o formales. Se trata de enunciados filosóficos, cuya aspiración no es decir “verdades” sino mostrar algo acerca del “sentido de verdad” en las “diferentes clases de enunciados” y decir algo acerca de sus “pretensiones de verdad”, así como de sus “condiciones de realización”.

Pero la pretensión fundamentalista de estos enunciados filosóficos se diferencia radicalmente de la pretensión de validez universal de los enunciados de las ciencias naturales, sociales y formales, en la

medida que “los enunciados filosóficos son autorreflexivos respecto a su propia pretensión universal de validez”, mientras que los segundos no pueden serlo⁴⁵⁰.

Es en esta reflexividad y permanente ampliación de horizontes en lo que consiste la “vaguedad” de los enunciados filosóficos y la razón por la cual no puede haber, estrictamente, una “teoría filosófica de la verdad” en el sentido de verdad última y definitiva, pero sí un progreso (y no simplemente una escalera indefinida de metalenguajes o una simple acumulación inorgánica de opiniones).

En las revoluciones científicas, por ejemplo, no son las teorías las que “mejoran” (simplemente sustituimos una por otra) sino las condiciones de entendimiento intersubjetivo; es el horizonte comunitario de entendimiento el que se amplía. Los enunciados filosóficos son los que muestran que los horizontes simbólicos vigentes no sólo contienen “enigmas” (Kuhn) o “anomalías” (“ordinary language philosophy”), sino “antinomias” (Kant), o como señala el propio Apel, “autocontradicciones performativas” que violan la pretensión de validez universal de sus “principios demostrativos” o de sus “reglas de uso”.

Ahora bien, ¿la reflexibilidad intrínseca de los enunciados filosóficos implica la asunción del “falibilismo ilimitado” o, por el contrario, la pretensión de “fundamentación última” supone alguna “evidencia privada” que los hace no criticables? Tal es la paradoja de la pragmática trascendental de Apel. En efecto, si acepta ilimitadamente el principio del falibilismo (refutabilidad en principio de todo enunciado), resulta que también dicho principio es aplicable a sí mismo y en tal caso resulta paradójico, pues si se refuta tal principio resulta verdadero y falso al mismo tiempo. El falibilismo ilimitado es tan absurdo como la demostratividad ilimitada (Aristóteles). Por el contrario, si se afirma que no se puede aplicar a sí mismo la refutabilidad, estamos recurriendo a una falacia de *petitio principii* o tendríamos que apelar a alguna “evidencia privada” irrefutable, lo cual resulta contradictorio con la tesis pragmática inicialmente asumida.

450 *Ibid.*, p. 104.

Para salir de la antinomia, Apel recurre a una clásica estrategia de impronta kantiana. Cuestiona la identificación entre “fundamentar” y “derivar”, así como la “confusión” entre “criticable” y “falible”, como resultado de una falacia de ambigüedad, que utiliza como sinónimos dos términos que no lo son. El que todo conocimiento sea “criticable” no implica que sea “falible” (verdadero o falso). En primer lugar, según Apel, hay que distinguir entre la “falibilidad teórica” en principio (para los enunciados empírico-hipotéticos) y, por otro lado, la extrapolación universal de dicho principio que incluye su aplicación a enunciados filosóficos.

Dicho en otras palabras, una cosa es la “pretensión de verdad” de una tesis y otra la “reserva de certeza” sobre cualquier hipótesis con pretensión de verdad. La pretensión de verdad de una tesis empírico-hipotética (teórica) no impide la reserva metateórica de su certeza. En esto consiste el error de la extrapolación falibilista. No obstante, ello supone que Apel acepta la distinción tarskiana de que a cada teoría (lenguaje objeto) le corresponde una metateoría y “que para cada metateoría puede pensarse otra metateoría y así *ad infinitum*”, apareciendo una jerarquía ilimitada de metalenguajes posibles. Aparte de que eso resultaría contradictorio con su tesis de “fundamentación última” de los enunciados filosóficos, ella misma resultaría paradójica, pues toda refutación de dicho principio sería al mismo tiempo una confirmación, o como el mismo Apel diría, una “autocontradicción performativa”.

En consecuencia, para Apel “no queda más alternativa que la limitación consciente en cuanto al contenido del principio del falibilismo para evitar la paradoja de la aplicación a sí mismo”. Ello le plantea una estrategia de investigación filosófica que consiste en “excluir todos aquellos enunciados que se presuponen en cada uso posible del principio del falibilismo”, esto es, aquellos enunciados cuya falsación empírica no es posible, en la medida que están incluidos como supuestos o presuposiciones del propio concepto de falsación empírica⁴⁵¹.

451 *Ibid.*, p. 120-121.

Esto significa explícitamente ir “más allá de Peirce”⁴⁵² (de su pragmática lingüística, hacia una “trascendental”) en el sentido de ir más allá “de los presupuestos discursivos del saber y la eticidad de la comunidad concreta de argumentación y comunicación condicionada sociocultural e históricamente que enfatiza la pragmática lingüística”⁴⁵³. Apel piensa que hay que orientarse a una “tesis más dura”, y en ese sentido “consecuente”, para evitar la paradoja del principio del falibilismo de la pragmática lingüística, e incluso de la “pragmática formal” de Habermas —a quien prácticamente acusa de inconsecuente—, todavía sujeta a una cierta falsación histórica o empírica de tipo chomskyano.

Para ello, Apel introduce una “tajante distinción entre universales filosóficos y hechos reglados empíricos —posiblemente generalizables—”⁴⁵⁴, con los que operan las ciencias naturales e histórico-antropológicas. El objeto de los enunciados filosóficos no son aquellos entes tematizados por las teorías científicas, referidos a una comunidad fáctica, histórica y temáticamente limitada de comunicación y argumentación, sino los presupuestos pragmáticos trascendentales necesarios para todo discurso argumentativo (“presupuestos universales de la acción comunicativa”) y por tanto referidos a una “comunidad ideal ilimitada de comunicación y argumentación”, anticipada contrafácticamente⁴⁵⁵. Según Apel, la confusión de ambos niveles es la fuente del relativismo y anarquismo epistemológico de la pragmática lingüística.

¿Cuáles serían —según Apel— los criterios para establecer esta distinción radical e “insuperable” entre estas dos clases de enunciados?

- a. “El criterio de la diferencia trascendental entre enunciados empíricos de la ciencia que pueden ser comprobados y falseados” y los principios implicados en el propio concepto de examen empírico como presupuestos de su comprensión, razón por la cual

452 *Ibid.*, p. 121.

453 *Ibid.*, p. 157.

454 *Ibid.*, p. 127.

455 *Ibid.*, p. 157.

no pueden constituirse ellos mismos “en objetos de un examen empírico de validez”, so pena de circularidad⁴⁵⁶.

- b. “El criterio de la no autocontradicción performativa”, es decir, la existencia de enunciados sobre los presupuestos de la argumentación, cuya sola inteligibilidad por algún interpretante presupone su verdad, de manera análoga a los primeros principios de Aristóteles o a las proposiciones analítico-tautológicas del primer Wittgenstein. Pero a diferencia de ellos, el concepto de fundamentación pragmático-trascendental de Apel, no es equivalente a una “premisa lógico-formal”, ya que los principios lógicos no pueden ser nuevamente fundamentados lógicamente, salvo que apelemos a una dogmática *petitio principii*, circularidad o a un *regresus ad infinitum*.

¿Cómo se fundamentan entonces los principios de nuestra racionalidad? ¿Por qué hay que ser racional? o ¿por qué hay que ser moralmente bueno? Es obvio que no se puede responder a dichas preguntas con los mismos métodos de derivación que presuponen, o apelando como Aristóteles a una prueba indirecta, que consiste en reducir al absurdo la opinión contraria, pues dicha prueba está ya supuesta en la lógica apodíctica que se pretende fundamentar (principio del tercio excluso). ¿Implica ello que en el principio sólo tenemos decisiones “irracionales” o “arracionales”, como sostiene el nihilismo epistemológico? Para Apel, dicha aporía es precisamente el resultado de confundir los principios filosóficos con premisas o principios lógico-formales. En realidad la pregunta por el fundamento nos remite al “contexto del discurso argumentativo”, no a la argumentación misma, esto es, constituye una reflexión estrictamente referida a “las pretensiones de validez de los que argumentan” o, si se quiere, a la “situación de los que argumentan”⁴⁵⁷.

En primer lugar, esto quiere decir que dicha reflexión no se puede entender en el sentido de una autorreflexión psicológica de un sujeto aislado (empírico o trascendental) sin caer en la aporía solip-

456 *Ibid.*, p. 128

457 *Ibid.*, p. 132.

sista de un lenguaje privado. En segundo lugar, la “situación de los que argumentan”, antes que un contexto psicológico (el “yo” psicológico es el *resultado* histórico-cultural de un proceso social de individuación y no una *premisa argumentativa*), presupone la inclusión del sujeto como argumentante en el “juego lingüístico de la fundamentación racional”.

En consecuencia, la pregunta por qué ser racional o moral nos remite al fondo de todo discurso argumentativo, al formularla performativamente como pregunta dialógica y no como principio apodíctico, en situación de tener que derivar lógicamente de ella algo distinto. No afirma un saber sino interpela socráticamente a otro (interlocutor) sobre la validez de su saber argumentativo.

Es por ello un error o “malentendido” confundir el principio pragmático trascendental de no autocontradicción performativa (o de consistencia performativa) con el principio teórico de no contradicción proposicional de la “lógica de enunciados semántico-objetivadora”⁴⁵⁸. No implica una lógica apodíctica, demostrativamente formalizable, sino que opera como un criterio de selección, descubrimiento y de pretensión de corrección normativa sobre lo que puede valer como fundamento de coincidencia necesaria entre argumentación y existencia, y no como existencia puramente posible (lógica) o como existencia puramente aseverada (empírica).

La “racionalidad autorreflexiva del discurso”, es decir la racionalidad de los enunciados filosóficos, cumple la función pragmática de autoesclarecimiento explorativo e informativo de la situación dialógica de nuestra racionalidad proposicional, a diferencia del principio de no contradicción proposicional, que no es informativo de tal situación y por ello es formalizable, es decir, enunciable independientemente de su uso. De ahí que sus definiciones sean puramente convencionales (“convenciones lingüísticas”) y no “aprióricas” como los principios pragmático-trascendentales, en tanto no se pueden refutar o negar en ningún juego lingüístico con sentido argumentativo. Cumplen una función normativa paradigmática de fundamentación última de

458 *Ibid.*, p. 133.

sentido (validez intersubjetiva) referida a una comunidad ideal de comunicación y argumentación.

Ahora bien, ¿fundamentación última el implica final de toda reflexividad? Más aún, en la medida que los enunciados pragmático-trascendentales no son falibles, ¿resultan infalibles? Según Apel, no. Lo que cambia son los criterios metodológicos de validación. Que no sean falibles y que sean últimos sólo quiere decir que no podemos pensarlos apodícticamente como falsos o contrastables con alguna realidad prelingüística o precomunicativa de la conciencia, pero no que no sean en sí mismos perfeccionables, o que no haya un “ámbito revisable de sus hipótesis” y “autocorrecciones”⁴⁵⁹.

En primer lugar, por la propia naturaleza ilimitada de la comunidad contrafáctica ideal de comunicación y argumentación a la que nos remiten indefinidamente sus enunciados normativos, ya que dichos principios no se identifican nunca totalmente con alguna comunidad fáctica limitada.

En segundo lugar, en la medida que sus enunciados no son apodícticos, no son monológicos y, por tanto, no nos remiten a alguna evidencia privada definitiva (y por ende al solipsismo metodológico), precomunicativa (como el *cogito* cartesiano) o prelingüística (como la percepción empirista), y más bien se caracterizan por estar “impregnados de lenguaje”; su principio no es el “yo pienso” sino el “yo argumento” o pretensión intersubjetiva de validez. Siempre estarán necesitados del reconocimiento (consenso) igualitario del interlocutor (comunidad de comunicación y argumentación). El individuo que argumenta, al igual que el que niega, incluso el nihilista –si no quiere entrar en contradicción performativa– presume necesariamente al destinatario como interlocutor válido y, en algún sentido, con igualdad de derechos, al relacionar sus argumentos con una comunidad ideal de comunicación.

No obstante, este dualismo o paralelismo que divide tajantemente nuestro saber en “hipótesis empíricas falibles” e “hipótesis filosóficas autocorregibles”, como el propio Apel lo admite, “aún no hace

459 *Ibid.*, p. 143.

comprensible de qué modo puede haber... algo así como hipótesis filosóficas de explicación y cómo puede darse en general, su posible revisión”⁴⁶⁰, salvo que asumamos implícitamente dos presupuestos:

- a. Que previamente aceptemos la existencia de una diferencia trascendental entre hipótesis empíricas y enunciados filosóficos sobre sus metacondiciones de validez, que es precisamente lo que se tenía que demostrar, lo cual peca argumentativamente de circularidad, o supone que tenemos que aceptar por *petitio principii* la existencia de una “última clase” de enunciados apriorico-universales —una suerte de mentalenguaje autosuficiente— referido a la fundamentación de validez de los enunciados empíricos y capaces de autocorregirse a sí mismos.
- b. Para evitar la paradoja que origina el supuesto de la existencia de una “clase última” de enunciados autocorregibles, Apel sugiere no restringir el logos de los enunciados filosóficos a un mero saber proposicional. Se trataría de enunciados que no están sujetos al principio de no-contradicción proposicional y, por tanto, a una exclusiva “función representativa” del lenguaje (Bühler), sino —nuevamente el dualismo— a una “doble estructura” (Habermas): por un lado, funcionarían como “representación proposicional” (como explicación proposicional del saber de la acción), y, por otro, como “saber performativo” de los presupuestos necesarios de la argumentación, cerrando así el “círculo hermenéutico de la autoexplicación de la razón”.

Pero nuevamente se presupone aquí de manera circular el dualismo metafísico, mucho antes que su propia justificación. En otras palabras, no se justifica por qué se requiere una esfera lingüística trascendental, separada a su vez por una “diferencia trascendental” de la esfera empírica (histórico-cultural) del lenguaje de primer orden, para incluir el “saber performativo”.

Apel elabora dos argumentos poco convincentes para justificar la necesidad de su extraordinaria multiplicación ontológica. Por un lado, bajo la forma negativa de un reproche por inconsecuencia al

460 *Ibid.*, p. 142.

“contextualismo de la diferencia trascendental” de Habermas. Apel sostiene que “no es posible tener *universales auténticos* sin fundamentación trascendental”, apelando –como lo hace Habermas– a “generalizaciones empíricas” mediante una “teoría cuasi-sociológica de las relaciones en el mundo de la vida”. Si bien el reproche es proposicionalmente justo, de él no se sigue ni la necesidad de “universales auténticos”, ni menos aún la exigencia de una “fundamentación trascendental” de la pragmática.

El segundo argumento de Apel me resulta aún más dogmático, pues supone que la desconfianza frente a la hipótesis de un esfera de fundamentación trascendental “debería tener en cuenta la posibilidad de una ‘otra razón’, sea en el sentido del historicismo-relativismo de las culturas... o en el de una relativización cósmica de nuestro saber humano... Sin embargo, la idea de ‘otra razón’... me parece si no híbrida, sí, en todo caso, carente de sentido. Sólo tendría sentido si, con su ayuda, se pudiera pensar realmente la posible falsación de los presupuestos, ahora necesarios, de la argumentación. Pero en este caso no se podría tratar precisamente, de ‘otra razón’ ”⁴⁶¹.

En efecto, la desconfianza en una “esfera trascendental” de la razón humana resulta simétrica a la desconfianza en alguna “otra razón” basada en el historicismo relativista cultural, en la medida que ambas impiden –por su pretensión de ubicarse en un “sistema de referencia” cósmica o culturalmente externo– la crítica inmanente y la falsación interna de los presupuestos pragmáticos hasta “ahora necesarios” sobre los que se ha construido la noción de cientificidad o racionalidad moderna. Es a ello precisamente a lo que pretende apuntar nuestro trabajo.

Postarskianos: Regreso al lenguaje natural

Tarski expuso dos razones fundamentales por las cuales el concepto semántico de verdad no podía aplicarse a los lenguaje-objeto naturales. O para decirlo en términos filosóficamente relevantes: formular

461 *Ibid.*, p. 145.

en el lenguaje natural una definición consistente de la expresión “juicio verdadero”.

Una primera razón de su escepticismo residía en la pretensión de universalidad que supone todo lenguaje natural, en el sentido de que es imposible en principio que pueda existir en otro lenguaje objeto una palabra que no pueda traducirse a su vocabulario, en la medida que comparten el mismo y único mundo de obviedades referenciales compuesto por hechos y cosas.

Ello supone que cualquier lenguaje objeto natural contiene un nombre definido para todas y cada una de las oraciones que le pertenecen, y que como resultado de ello, es posible sustituir cualquier oración que le pertenece por “p”, y el nombre de dicha oración por “x”, produciendo una oración formalmente verdadera en dicho lenguaje. Pero ello conlleva que en dicho lenguaje paradójicamente tendría que incluirse como empíricamente verdadera una oración del tipo: “*c no es una oración verdadera*”, *es idéntica a c*. Esto es, se produciría una paradoja análoga a la del mentiroso. De ahí que para Tarski sólo en un lenguaje artificial formalizado se puede eludir tal paradoja, mediante su famosa “convención T”.

Una segunda razón residía para Tarski en la “ambigüedad” o imperfección de los lenguajes naturales, ambigüedades no sólo de tipo “léxico” sino fundamentalmente “sintácticas”, como la ya señalada. Ello obligaría a emprender una reforma radical de dicho lenguaje y no comprenderlo tal como es, sino como “debería ser”, subdividiéndolo en una serie de lenguajes que permitieran distinguir sus estructuras e impedir las paradojas, de manera que se podría mostrar cómo una oración citada puede ser falsa bajo una interpretación y verdadera bajo otra. Pero esto supondría un tipo de conocimientos sobre los factores pragmático-contextuales de su uso, acerca de los cuales los métodos formales de análisis extensional no pueden dar cuenta, o requieren la introducción *ad hoc* de entidades intencionales de segundo orden. Aún así, la ambigüedad no quedaría suprimida sino simplemente confirmada.

Fue probablemente Donald Davidson el primero que –aunque manteniéndose en principio dentro del programa tarskiano de una definición semántica de la verdad como correspondencia– se distan-

ció del pesimismo de Tarski (y del empirismo lógico en este punto) respecto al carácter puramente negativo (como limitación) de la insuperable ambigüedad de los lenguajes naturales.

Aceptando dicha ambigüedad, Davidson sugirió más bien tomar dicho "límite" (a mi parecer de manera análoga al principio de Indeterminación de Heisenberg) como un parámetro de incertidumbre entre la "correspondencia" y la "comunicabilidad". Ahora, la indeterminación (opacidad) semántica de la referencia (contra la concepción reduccionista del significado) y la sinonimia (contra la rígida distinción analítico-empírico), que fueran denunciadas por Quine como los "dos dogmas del empirismo", expresarían más bien una correlación funcional continua e inversamente proporcional entre la correspondencia y la interpretación. O dicho de otra manera, comunicación e interpretación constituyen los límites contextuales de la inescrutabilidad de la referencia y la sinonimia:

Mientras la ambigüedad no afecte la forma gramatical y pueda ser traducida, ambigüedad por ambigüedad, al metalenguaje, una definición de verdad no nos contará ninguna mentira⁴⁶².

Aporías de la semántica extensionalista

En lo que respecta a la inconsistencia de los lenguajes naturales, Davidson confiesa inicialmente no tener una respuesta concluyente al asunto, razón por la cual propone una estrategia de investigación que consiste en construir una teoría inicial de la verdad para un lenguaje objeto lo más parecido a un lenguaje natural, eliminando inicialmente de ella el predicado de "verdad" o "validez" para evitar paradojas, y le permita distinguir un "fragmento privilegiado" de expresiones no problemáticas, para abordar así posteriormente los más "recalcitran-

462 Davidson, Donald; "Truth and Meaning" (1967), en *Inquiries into truth and interpretation*. New York, 1984, Oxford University Press, Essay 2, p. 30. Existe una versión castellana de este texto publicada por editorial Gedisa, Barcelona, 1990.

tes" (ambiguas o paradójicas). ¿Cómo discriminar ambos sectores? Davidson ofreció una hipótesis muy sugerente:

...la mayoría de los problemas de interés filosófico general surgen en fragmentos del lenguaje natural... que pueden concebirse como conteniendo muy poca teoría de conjuntos⁴⁶³.

Es precisamente aquí donde, en mi opinión, encaja la relevancia de las investigaciones sobre lógicas paraconsistentes, teorías cuasi-conjuntistas y lógica pragmática de la verdad, desarrolladas por da Costa, Krause, French y otros, para enfrentar los problemas epistemológicos de la ambigüedad y la inconsistencia que marcan los límites del paradigma moderno de científicidad. Pero sobre ello volveremos más adelante.

El asunto es que si bien Davidson –siguiendo a su maestro Quine– abandonó el atomismo semántico que busca el significado de los términos aislados, e incluso el fregeano que busca el significado en el contexto limitado de una oración –añadiendo con mayor amplitud holística que “sólo en el contexto del lenguaje tiene significado una oración”–, se mantendrá siempre al interior del programa de Frege y Tarski por dar una teoría del significado y la verdad en términos de un “monismo semántico” y de un “acceso extensional completo” que permita salvar finalmente cualquier ambigüedad.

Su monismo semántico verá el lenguaje como un todo sistemático que necesariamente supone reglas universales. De ahí el papel clave que el concepto de verdad va a jugar en la teoría semántica como una función del sistema, que dependerá siempre de una estructura dada recursivamente⁴⁶⁴. En este punto Davidson confluirá con los lingüistas chomskyanos en la asunción del “principio de composicionalidad” (la “forma lógica” desempeñará en la teoría de Davidson una función análoga a la “estructura profunda” de Chomsky) que permite al usuario de un lenguaje interpretar un número indetermina-

463 *Ibid.*, p. 29.

464 *Ibid.*, pp. 22 y 61.

do de oraciones correctas que no forman parte de su *experiencia conductual* lingüística, sin recurrir a explicaciones psicologistas o postular entidades intencionales de segundo orden.

Los filósofos intencionalistas (o de la intención comunicativa) del lenguaje, encabezados por el segundo Wittgenstein, pretenden en cambio definir y explicar la noción de significado apelando al comportamiento lingüístico comunicativo, esto es, haciendo referencia a las intenciones del hablante o emisor y a la recepción del lector o auditor, doctrina que se conoce como teoría pragmática del significado. Se trata de un intencionalismo que se mantendrá férreamente en los marcos de una interpretación conductista y naturalista, ajena a toda reificación conceptual, en el que las nociones de significado y verdad se tornarán sumamente laxas y hasta contingentes (como en el relativismo conceptual o cultural).

Tengo la impresión de que Davidson fluctúa prudentemente a medio camino entre ambos polos, pero sin encontrar una resolución concluyente a dicha aporía:

No puede haber error alguno, por supuesto, en la máxima metodológica de que, cuando surgen enrevesados problemas acerca de los significados, la referencia, la sinonimia, etc., deberíamos recordar que dichos conceptos, al igual que los de palabra, oración y lenguaje mismos, se abstraen de las transacciones y el medio social que les dan el contenido que tienen (...) sólo puede resultar confusión de tratar estos conceptos como si tuvieran una vida propia⁴⁶⁵.

En efecto, sin oponerse tajantemente al conductismo epistemológico naturalista quineano, Davidson enfatiza dos argumentos centrales contra ciertas implicancias epistemológicas y ontológicas de un reduccionismo intencionalista. Su objeción epistemológica se refiere a que la reducción del significado de las expresiones lingüísticas a las creencias e intenciones que determinan la conducta verbal, no sólo es empíricamente incontrastable sino también es circular, pues para ex-

465 Davidson, Donald; "Belief and the basis of meaning" (1974), en *Inquiries into truth...*, op. cit., Essay 10, p. 143 (traducción nuestra).

plicar las expresiones de un lenguaje necesitamos primero conocer las intenciones comunicativas de los hablantes, pero para conocer dichas intenciones, requerimos conocer previamente sus expresiones lingüísticas.

Su objeción ontológica apunta al hecho de que al introducir intenciones se hipostasían entidades de segundo nivel, sin que pueda existir luego ninguna justificación (que no sea *ad hoc*) para detener la postulación de una jerarquía infinita de entidades hiperintencionales que no aparecen por ninguna parte de la ciencia o del discurso ordinario, que complican inútilmente los problemas y carecen de utilidad lógica alguna, en la medida que oscurecen el análisis.

Pero el rechazo de Quine y Davidson a tales entidades intencionales, no reside necesariamente en alguna *petitio principii* nominalista y conductista al uso de conceptos abstractos. Ambos admiten, por ejemplo, la existencia de “clases” en su ontología, esto es, de conceptos tan abstractos como las “intenciones”, pero la diferencia epistemológica reside en que las primeras no aluden a misteriosas “propiedades” (de segundo orden) de los individuos (de primer orden). Las clases no son misteriosas ente-lequias de segundo orden distintas de los objetos individuales de los que se predicán; ellas son simplemente colecciones o conjuntos de objetos individuales. Por el axioma de extensionalidad, dos clases son idénticas cuando constan de los mismos elementos. En cambio las propiedades no. Dos propiedades no son idénticas por el hecho de ser poseídas por los mismos individuos.

El punto es que detrás de los ataques generales de Quine y Davidson al intencionalismo, los blancos directos a los que parece apuntar su crítica son dos:

- a. Las nociones relativizadas de verdad, como las de verdad en un modelo, en un mundo posible, en una interpretación, etc.
- b. Los sistemas lógicos divergentes de la Lógica estándar de primer orden, como las lógicas intuicionistas, modales, etc.

Lamentablemente, dicha crítica –a pesar de contar con muchos puntos sugerentes– se realiza apelando a una contraposición reduccionista realmente forzada e innecesaria entre extensionalismo e intencionalismo, por lo general mediante el uso *ad hoc* de argumentos técnico-formales que terminan descalificando en su conjunto todo en-

foque sugerido por las semánticas intencionales y, por otro lado, como bien ha mostrado Kripke, fetichizando la Convención *T* de Tarski como criterio absoluto para una teoría de la verdad.

De hecho, hasta prácticamente 1979, Davidson sólo aceptó uno de los tres grandes grupos de indeterminación que se presentan en el lenguaje teórico, a saber:

- a. El referido a la traducción. Indeterminación por la cual dos teorías o lenguajes que satisfagan todas las condiciones empíricas relevantes, pueden discrepar con respecto al valor de verdad de algunas oraciones.
- b. El referido a la divergencia lógica, por el cual dos teorías satisfactorias difieren en algunos términos singulares, cuantificadores o predicados.
- c. El que se presenta cuando dos teorías aceptables difieren con respecto a la referencia que asignan a las mismas palabras o expresiones.

Para Davidson y Quine, las dos primeras indeterminaciones son superables en la medida que, tratándose de divergencias parciales o singulares, su incertidumbre dependerá de la interpretación (o traducción), remitiéndolas a los teoremas de la convención *T* que permita construir un metalenguaje común para las oraciones observacionales y sus conectivas veritativo funcionales.

La única indeterminación “inescrutable” será para Davidson-Quine, la de la referencia. Aquí las ambigüedades del lenguaje hacen a las teorías discrepantes incomparables, dado que una discrepancia en el nivel observacional se origina en una permutación del universo, y una permutación constituye una función que se asigna a un elemento del universo, un objeto, que a su vez es un elemento del universo. De manera que una divergencia en este punto no es un hecho aislado; en realidad implica una divergencia en la “ontología total” o “esquema de referencia” y, en dicho caso, dos teorías discrepantes resultan incomparables y mutuamente ininteligibles (no hay intersección alguna entre ambos conjuntos).

Resulta evidente que esta argumentación se sostiene exclusivamente en un uso fuerte del axioma de extensionalidad (equivalencia una a una de los elementos de dos conjuntos idénticos) al postular

que es la no equivalencia de sus elementos lo que explica la divergencia ("en la ontología total") de dos conjuntos, o la ausencia de identidad en un conjunto cuando hay "permutación" de sus elementos.

Nuevamente en este punto se muestra cómo las teorías cuasiconjuntistas, mediante el procedimiento sumamente sencillo y natural (no requieren introducir artificialmente entidades intencionales mentalistas) de debilitar el propio axioma de extensionalidad (que ya Quine vio la necesidad de reformular), desbordan las restricciones reduccionistas del extensionalismo (Principio de acceso extensional completo). Al mismo tiempo, evitan la necesidad de multiplicar las entidades mentalistas de segundo orden propuestas por el intencionalismo para dar cuenta de las perturbaciones, así como la dogmática prohibición naturalista quineana de restringir el lenguaje científico a los estrechos marcos de la lógica estándar de primer orden. Con ello también eluden la necesidad de apelar a una teoría absoluta de la verdad (para combatir el fantasma del relativismo), mediante su relativización pragmática al interior de un mismo lenguaje objeto, semánticamente muy próximo a un lenguaje coloquial.

Con ello también se desproblematiza (no digo elimina) la indeterminación de la traducción radical a nivel intralingüístico, en la medida que el metalenguaje conjuntista estándar resulta incluido como parte del lenguaje objeto cuasiconjuntista, no en la forma trivialmente verdadera que exige la equivalencia entre dos conjuntos, el metalenguaje y el lenguaje objeto de la semántica tarskiana, en donde la identidad es establecida externamente por un simple bicondicional entre cada uno de los elementos de los conjuntos comparados, sino admitiendo las perturbaciones de los elementos al interior de un mismo cuasiconjunto.

También se desproblematiza la indeterminación de la traducción radical a nivel interlingüístico, es decir, se admite la divergencia de elementos permutables (cuasielementos y cuasicardinales), lo cual permite comparar "ambigüedad con ambigüedad", haciendo innecesario introducir la distinción davidsoniana entre teorías semánticamente homofónicas y heterofónicas, pues en ningún caso tiene que presuponerse analíticamente la correspondencia apriorística entre el metalenguaje y el lenguaje objeto, al establecer de manera más natural la "vaguedad" de los objetos.

No se requiere, asimismo, adoptar el concepto de verdad (como antes el de sinonimia o identidad) como un término primitivo, ni formal ni intuitivamente, convirtiéndolo prácticamente en un concepto trascendental, el cual resultaría además en principio limitado a los términos lógicos pero no a los términos léxicos de un lenguaje natural, esto es, sólo sería válido para lenguajes artificialmente cerrados con un léxico finito.

De hecho, al tratar los lenguajes naturales, Davidson se ha visto prácticamente obligado a introducir los parámetros de la comunicación y el aprendizaje y con ello los términos intencionales (que expliquen el incremento de términos léxicos), para poder disminuir la indeterminación de la interpretación, dilema originado por una concepción puramente extensionalista del lenguaje y el conocimiento humano, heredado de la concepción de cientificidad moderna. Fue probablemente la búsqueda de una solución a esta aporía extensionalista, la que finalmente lo llevó a sostener en la Introducción de 1984 de su *Inquiries*, la siguiente autocrítica:

... he estado convencido por largo tiempo de que muchas aproximaciones alternativas a la semántica, mediante el empleo, por ejemplo, de lógica modal, de la semántica de mundos posibles, o de la cuantificación sustitucional, no tenían cabida en una teoría que satisfaga los requerimientos de la convención T. Ahora sé que esto fue un apresuramiento. La convención T no es tan determinante como yo lo había pensado, y se abren más posibilidades de teorizaciones interesantes que las que yo imaginaba antes⁴⁶⁶.

De la semántica a la pragmática histórico-lingüística

Con la revalorización de las cuestiones intencionales, no se trata simplemente de apelar a una definición puramente convencional de intencionalidad, introducir algunos operadores modales y fijar operati-

466 *Ibid.*, pp. XV-XVI.

vamente algunas reglas semánticas que den consistencia formal al uso de “conceptos intencionales”.

Nuevamente se plantea entonces el problema de la justificación de la interpretación física del nuevo aparato formal. Tales reglas sólo nos permitirán nombrar, enumerar y asignar a cuáles expresiones se atribuye valores veritativo-funcionales de intencionalidad y a cuáles no, pero no nos explicarán qué es en realidad lo que dichas reglas le atribuyen (en términos conductuales o culturales) a tales oraciones. Tal es precisamente el asunto relevante para la filosofía.

En dicho sentido, vamos a sostener la tesis de que el presente giro tiene que ver con un cambio de perspectivas filosóficas con respecto a la concepción moderna de cientificidad y con respecto a nuestra “ontología total”, por lo menos en dos aspectos básicos:

- a. Con una crítica radical de la ontología dualista moderna del conocimiento científico.
- b. Con una crítica radical de la concepción representacionista moderna del lenguaje científico.

Davidson ha sostenido que el dualismo sustancialista de tipo cartesiano, así como el dualismo discursivo de tipo humeano o kantiano (“dicotomía esquema-contenido”), son el “tercer y último dogma” del pensamiento filosófico moderno (empirista o racionalista)⁴⁶⁷, en relación con los dos primeros criticados por Quine en su célebre artículo “Dos dogmas del empirismo”.

Dicho dualismo supone que es posible distinguir analíticamente los “esquemas conceptuales”, marcos teóricos, “conceptos puros” o “entidades intencionales” de naturaleza subjetiva (categorías, creencias, deseos, etc.) del mundo de los objetos sensibles que conforman su “contenido”. Esto va a dar lugar al “mito de lo subjetivo” como una subjetividad descontextualizada o trascendental, la cual conduce a “la idea de que hay una división básica entre la *experiencia no-interpretada* (observaciones puras, neutras u objetivas) y un

467 Davidson, Donald: “On the very idea of a conceptual scheme” (1974), en *Inquiries Into Truth...*, op. cit., p. 189 y “El mito de lo subjetivo”, en *Mente, mundo y acción*. Barcelona, 1992, Paidós, p. 57.

esquema conceptual organizador..., profundo error nacido de una imagen esencialmente incoherente de la mente como un espectador pasivo –o como la ha denominado Putnam, imagen de un “cerebro en una cubeta”– como algo dotado de sus estados y objetos privados⁴⁶⁸.

El problemático abismo creado para la representación cognitiva por esta “desconexión” (subjetivo-objetivo), presenta de inmediato un abanico de tres posibilidades de resolución: el idealismo racionalista, el empirismo y el escepticismo⁴⁶⁹. Pero si problematizamos por buenas razones esta concepción dogmática solipsista y representacionista de la mente humana, en la medida que no explica *el error*, los cambios o la coincidencia en la *comunicación intersubjetiva*, ni la relación entre el pensamiento y *la acción*, “una vez dado este paso, no quedarán ya objetos con respecto a los cuales pueda plantearse el problema de la representación. Las creencias serán verdaderas o falsas, pero no *representan*... Es una buena cosa librarse de las representaciones, y con ellas de la teoría de la verdad como correspondencia, ya que es la idea de que hay representaciones lo que engendra los pensamientos relativistas. Las representaciones son relativas a un esquema...”⁴⁷⁰.

¿Cómo explicar entonces naturalistamente la relación entre lenguaje y acción sin apelar a entidades metafísicas intencionales de segundo orden? Asimismo, ¿cómo explicar la traducción y la comunicación sin apelar a entidades platónicas de segundo orden como los “significados” de las expresiones lingüísticas, independientes de su uso? En resumen, abandonar todo presupuesto metafísico sin caer en el escepticismo.

468 Davidson, Donald; “El mito de lo subjetivo”, en *Mente, mundo y...*, *op. cit.*, pp. 51-72. “Esta imagen de la mente y de su lugar en la naturaleza ha definido, en gran medida, los problemas que la filosofía moderna se consideró obligada a resolver (...) El esquema puede concebirse como una ideología... o bien el esquema puede ser un lenguaje... los contenidos del esquema pueden consistir en objetos de un tipo especial, como datos sensoriales, objetos de percepción, impresiones, sensaciones o apariencias...” *Ibid.*, p. 54.

469 “Una vez elegido el punto de partida cartesiano... se vislumbran ya, amenazantes, el idealismo, las formas reduccionistas del empirismo y el escepticismo”. *Ibid.*, p. 57.

470 *Ibid.*, p. 62.

Como ya vimos, Davidson desarrolló una estrategia semántica de investigación para los lenguajes naturales, que consistió en identificar aquel fragmento o núcleo de nuestra conducta verbal menos recalcitrante a una explicación racional que llamó “conducta intencional”. Es decir, aquella parte de nuestra conducta que no sólo explicamos mediante razones, sino que, además, le atribuimos estar causada o motivada por creencias.

En la tradición epistemológica moderna, dicha conducta intencional se había obviado, en la medida que no implicaba una conjunción constante (repetición y regularidad) entre dos fenómenos externos que la hiciera observable y predecible y, por tanto, sujeta a leyes universales de tipo determinista mecánico. Más aún, en completo acuerdo con el dogma dualista, los enunciados sobre acontecimientos morales (de “razón práctica”), como los “imperativos categóricos” kantianos, no eran considerados empíricos —a pesar de su observabilidad— sino lógico-trascendentales (o subjetivos en el caso de las “máximas”). En otras palabras, se decía que no eran “descriptivos” sino “normativos”, que no eran “causales” sino “conceptuales”. Entre razón y acción no había una relación de hecho descriptible sino especulativa, que escapaba a la “explicación científica”, y su estudio requería apelar a entidades intencionales de un sujeto trascendental de segundo orden.

Davidson va a cuestionar el dogma mecanicista que identifica toda relación causal como una relación constante, estableciendo no sólo contraejemplos al respecto (la piedra que rompe un vidrio), sino también apoyándose en el hecho de que una ley científica puede ser considerada como un enunciado probabilístico referido a una distribución de casos particulares que no necesariamente implican repetición y regularidad.

Podemos entonces concebir la acción humana (al menos aquel fragmento de nuestra conducta que denominamos acción intencional) como una interacción causal no universal y necesaria, de manera de no vernos obligados a postular entidades intencionales-trascendentales de segundo orden, más allá del contexto social e histórico del lenguaje natural⁴⁷¹.

471 “... los estados de la mente, tales como dudas, anhelos, creencias y deseos, se identifican, en parte, por el contexto social e histórico en el que se adquieren... son semejantes

¿Qué queremos decir entonces cuando describimos una acción intencional como una interacción causal? Que *interpretamos* la conducta de otra persona –con el fin de entenderla– como una relación de coherencia entre sus deseos o creencias explícitas y la acción concomitante, esto es, como una relación de coincidencia (racional) o de divergencia (irracional), a fin de hacerla inteligible para una tercera persona. Se trata de la “perspectiva de la tercera persona”, mediante la cual cada uno de nosotros trata de entender a los demás y viceversa. Ésta no refiere a entidades mentalistas de segundo orden sino a eventos conductuales observables, entre la conducta lingüística y la conducta no lingüística.

¿Significa esto que los conceptos intencionales (mente, deseo, creencias, etc.) son reducibles a entidades físicas, químicas o biológicas? Dicho en otras palabras, ¿conduce esta tesis a una teoría naturalista-monista de la identidad entre lo físico y mental, que finalmente explica la conducta humana como sujeta a las leyes y predicciones de las ciencias naturales? No, en la medida que dicha *relación causal no es universal y necesaria sino contextual*, se limita a casos particulares. La relación mente-acción no es una identidad de “géneros”, “tipos” o de “propiedades” transitivas y asimétricas, es decir no constituye un sistema causal cerrado de elementos convergentes. No es, por tanto, proyectable y está llena de excepciones particulares, en la medida que los procesos de interpretación están siempre abiertos contextualmente a la comunicación intersubjetiva.

Es precisamente esta interpretación contextual de la relación causal entre mente y acción (a diferencia de la restringida representación mecanicista moderna de la causalidad), la que nos lleva a una reevaluación más amplia de los conceptos tradicionales de significado y verdad. En efecto, en cierto sentido el lenguaje es un fenómeno fí-

a otros estados que se identifican por medio de sus causas (...) el hecho de que los estados de la mente... se identifiquen por relaciones causales con objetos y eventos externos es esencial para la posibilidad de la comunicación (...) lejos de constituir un coto cerrado... el pensamiento es, necesariamente, parte de un mundo público común... la posibilidad misma del pensamiento exige patrones compartidos de verdad y objetividad”. *Ibid.*, pp. 70-71.

sico compuesto de sonidos y grafías, pero ¿qué hace que dicho fenómeno físico tenga un carácter significativo?

La filosofía ha ensayado dos respuestas clásicas respecto al misterio de la significación lingüística.

Por un lado, lo que se ha dado en llamar la tentación representacionista subjetiva; aquella que busca el significado en “la conciencia” (como fenómeno psíquico o como representación pura trascendental). El significado se asocia entonces con la imagen o representación que acompaña la emisión física visual o auditiva y se dice que hay una relación de “semejanza” entre la representación y el objeto representado. La imagen mental de la hierba verde, por alguna razón suponemos que se parece a la hierba verde. Pero esta famosa relación de “semejanza” —como ya observó el viejo Aristóteles— o dice mucho más de lo que afirma o no dice nada, pues siempre en algún sentido cualquier cosa puede parecerse a cualquier cosa. De manera que postular dicha relación, o es una mera metáfora, o si pretende ser una “imagen” de la imagen (y así *ad infinitum*) crea más problemas de los que resuelve. Además, si la significación está asociada a un evento mental privado —como ya notaba Gorgias— la comunicación resulta enigmática.

Por otro lado, como un intento de resolver el problema de la comunicación, tenemos la tentación representacionista objetiva o platónica. Aquí el significado es convertido en una suerte de entidad o “contenido” que está más allá de la representación psíquica privada. Nuestra ontología se multiplica (y complica) con entidades de segundo orden que adquieren vida propia (significados, proposiciones, intenciones, sinonimias, etc.). Pero ello sólo objetiviza (hipostasía) el problema, no lo resuelve. Constata la existencia del enigma semántico de la comunidad de significados, simplemente poniéndole nombres y postulando que tras de ellos hay alguna suerte de entidades genéricas suprasensibles.

El objetivo del giro pragmático consiste precisamente en desfetichizar el problema del “significado”, contextualizándolo fácticamente: ¿Cómo es posible la *interpretación* y la *comunicación* entre los hablantes? Con ello se trata de evitar que pase desapercibido un asunto fáctico fundamental que caracteriza el contexto en que se de-

sarrollan los sonidos, grafías y acciones simbólicas del lenguaje: que se trata de un sistema abierto de comunicación y que, por tanto, carece de sentido plantearse el problema del significado suponiendo que el lenguaje es un sistema cerrado de representación asimétrico y transitivo (sujeto-objeto) que conduce a las paradojas conocidas de la filosofía moderna (la mente como un conjunto de representaciones privadas de tipo cartesiano).

La fuente de esta comprensión distorsionada de la mente y el lenguaje resulta de que el hecho comunicativo parece irrelevante si consideramos el lenguaje exclusivamente al interior de una comunidad que comparte el mismo horizonte lingüístico-cultural. La obviedad de la comunicación al interior de una comunidad engendra la ilusión representacionista de la transparencia del lenguaje. El lenguaje pierde entonces su configuración dialógica (intersubjetiva) y aparece como una estructura monológica, como un espejo del verbo divino, compuesto de "ideas claras y distintas" que miran inmediatamente al mundo desde ningún lado en particular, como si estuviera instalado en el espacio y tiempo absolutos de Newton. La verdad aparece como revelación sagrada, como la consagración de dicha inmediatez de la significación lingüística.

Concepción dialógica sobre el sentido de la verdad

De lo que se trata entonces es de averiguar cuáles son las condiciones de realidad (y no de posibilidad) de esta correspondencia intersubjetiva que permiten establecer la veracidad de nuestras interpretaciones y creencias.

Si podemos saber en qué condiciones intersubjetivas una oración es verdadera, sabemos lo que ésta significa sin necesidad de postular misteriosas entidades significativas. Podremos formular verdaderos teoremas que fijen para cada oración que se interpreta, las condiciones contextuales de su veracidad. Estas condiciones serán enunciados de un metalenguaje, cuya veracidad depende de la equivalencia recíproca (enunciados unidos por un bicondicional) entre los enunciados de un emisor y un interpretante.

¿Cuáles serían las condiciones de dicha equivalencia comunicativa? Davidson considera que en ello reside la tarea de una teoría unificada del significado y la acción, que denomina teoría de la verdad como coherencia⁴⁷². Sugiere tres condiciones:

- a. Las creencias más básicas de los sujetos están determinadas por condiciones objetivas de su entorno histórico-social.
- b. La veracidad mayoritaria de sus creencias más básicas.
- c. El carácter fundamentalmente coherente de sus creencias.

Estas condiciones no serían sino una formulación positiva de su crítica a la inconsistencia de un escepticismo global, o su contraparte fundamentalista, es decir, la tesis más básica de la que arranca la concepción representacionista cartesiana y en general el discurso filosófico moderno. Ésta supone que todas las creencias de un sujeto (individual o cultural) pueden ser falsas. Tal sospecha sólo tiene sentido para quien concibe "la mente" como un conjunto de representaciones "internas" y la posibilidad lingüística de un "discurso privado". La absurda idea según la cual la comunicación social intersubjetiva resulta un hecho accidental y externo al lenguaje⁴⁷³.

Cuando el escéptico pregunta (o el fundamentalista acusa) ¿Por qué no podrían todas mis creencias (o las creencias de otro) ser coherentes entre sí, siendo al mismo tiempo falsas acerca del mundo real? lo que en realidad niega es la contextualidad intersubjetiva de una emisión, al atribuir la causa de dicha creencia al sujeto, sin reparar que el lenguaje supone intrínsecamente un espacio público común. Ello supone también una concepción subjetiva de la evidencia de la verdad (sensorial o intuitiva). En realidad resulta absurdo exigir siempre una razón adicional de nuestras creencias, que esté más allá de

472 Davidson, Donald; "Verdad y conocimiento: Una teoría de la coherencia", en *Mente, mundo y...*, op. cit., pp. 73-98.

473 "Mi teoría de la coherencia se aplica a creencias u oraciones que son verdaderas para alguien (otro) que las entiende (...) desde luego, algunas creencias son falsas... Todo lo que una teoría de la coherencia puede mantener es que en un conjunto coherente de creencias, la mayoría de ellas son verdaderas (...) Un modo mejor de indicar la clave del asunto es tal vez decir que hay una presunción en favor de la verdad de una creencia que es coherente con una masa significativa de otras creencias (de otros)". *Ibid.*, pp. 74-75. (paréntesis nuestros).

todas nuestras creencias, pues ello no haría sino ampliar nuestras creencias⁴⁷⁴.

De la misma manera, el supuesto fundamentalista de que un sujeto aislado puede obtener creencias totalmente verdaderas (“claras y distintas”), resulta un dogma o artículo de fe totalmente inconsistente, pues no tendría manera de enunciarlas argumentativamente ni de comunicárnoslas, ya que se trataría de creencias totalmente privadas que carecería de sentido llamarlas “verdaderas” o “falsas” sin compararlas con algo público que sirva de base a nuestra interpretación. Cualquier noción de verdad requiere de un tercero interpretante. La paradoja del lenguaje natural privado es una aporía análoga a las “robinsonadas” contractualistas de la Economía Política clásica que suponía cazadores y pescadores primitivos aislados productores de “mercancías”. Dicha suposición no era sino una reificación naturalista de las condiciones históricas específicas de la sociedad moderna burguesa.

Por último, si atribuimos creencias o intenciones masivamente contradictorias a un sujeto discursivo, no podríamos establecer qué es lo que cree y, por tanto, asignar condiciones de verdad o falsedad a sus emisiones y ni siquiera podríamos atribuirle un acción intencional. En consecuencia, los errores o incoherencias sólo pueden ser parciales o locales. Las creencias compatibles con muchas creencias básicas gozan de manera directamente proporcional de “presunción de verdad”, pero esta presunción de verdad aplicada a los otros no hace que estén globalmente en lo cierto; sólo proporcionará el fondo sobre el cual tendrá sentido la acusación de error. Bien vista, la perspectiva peirciana del tercero interpretante no es, entonces, una “teoría de la verdad”, sino una concepción sobre las condiciones de sentido de la verdad (de la mente humana, del lenguaje y del significado), contrapuesta a la tradición intencionalista, mentalista y subjetiva del discurso epistemológico moderno.

474 “... resulta absurdo buscar un fundamento que justifique la totalidad de las creencias, algo situado fuera de dicha totalidad que podamos usar para poner a prueba nuestras creencias o compararlas con ello (...) resulta vano que alguien exija una seguridad adicional, pues ello no haría sino incrementar el conjunto de sus creencias”. Davidson, Donald; “Verdad y conocimiento...”, en *Mente, mundo y... op. cit.*, pp. 86-87.

Sospecho que el escepticismo y el fundamentalismo modernos son en gran parte resultado de la aporética universalización epistemológica del leibniziano *Principio de razón* (“nada es sin razón”), cuyos supuestos teológicos e íntima relación en la ciencia moderna con el *Principio de identidad de los indiscernibles* ha sido finamente analizado por el profesor sanmarquino Julio César Krüger en una reciente publicación⁴⁷⁵. El debilitamiento de este último principio por la *Teoría Cuasiconjuntista* constituye, en mi opinión, un elemento clave para la superación del fundamentalismo y el escepticismo epistemológico modernos.

Las consecuencias de la reformulación peirciana del conocimiento científico como un evento mediado lingüísticamente que presupone un espacio público de comunicación intersubjetiva, conduce en primer lugar a un rechazo de la vieja distinción entre “esquema conceptual formal” (subjetivo, *a priori*, analítico o de razón pura) y un “contenido neutro” (objetivo, experimental, fáctico, sensible, etc.). Dicha distinción presupone el lenguaje como un sistema (código) cerrado de signos completamente descontextualizado que origina el escepticismo epistemológico (la “cosa en sí” kantiana), la “intraducibilidad del texto” (Derrida), la “incommensurabilidad de los paradigmas” (Kuhn) y el relativismo cultural extremo. En segundo lugar, invierte la situación epistemológica tradicional. Ahora, el lenguaje, la interpretación y el aprendizaje, no son un resultado de “la mente”, sino que ésta es más bien el resultado de la interpretación y la comunicación intersubjetiva humanas.

No obstante, si bien la crítica epistemológica contemporánea —que va de Peirce al segundo Wittgenstein y de éste a Quine y Davidson— ha terminado por demoler “el mito de lo subjetivo” y el “mito representacionista” del conocimiento en el discurso filosófico moderno, presenta tres enigmas o aspectos problemáticos de no fácil resolución a partir de sus propios presupuestos puramente extensionalistas:

475 Krüger, Julio César; “El principio de razón suficiente en Leibniz”, en *Escritura y pensamiento*. Revista de la Unidad de Investigación de la Facultad de Letras y Ciencias Humanas de la UNMSM. Lima, Año 1, N° 2, 1998, pp. 9-54.

a. La desaparición sistémica u objetivista del sujeto cognoscente y, por tanto, de la autoridad epistemológica de la primera persona. En efecto, ¿hasta qué punto el derrumbe del “mito de lo subjetivo” como entidad trascendente y autónoma no conduce a la reificación naturalista inversa de tipo sistémico o estructural-funcionalista de un macro-sujeto sociológico o simbólico (código) en el que desaparece toda autonomía ontológica del individuo y toda autoridad epistemológica de la primera persona?

¿No se sigue preservando aquí la vieja aporía de la filosofía moral moderna entre necesidad y libertad, entre sistema e individuo, entre espacio público y privado, denunciada desde Schelling y Schopenhauer como resultado inexorable de una concepción estrechamente mecanicista de la racionalidad y representacionista de la verdad? ¿Hemos “superado” la antinomia o simplemente hemos sustituido un polo del mito moderno por el otro?

En efecto, si aceptamos la hipótesis davidsoniana de que “el pensamiento es, necesariamente, parte de un mundo público común”⁴⁷⁶, el problema del escepticismo cartesiano respecto al conocimiento de las otras mentes no hace más que invertirse y trasladarse ahora al conocimiento de nuestra propia mente. “Si admitimos (como deberíamos hacerlo) que el carácter necesariamente público e interpersonal del lenguaje garantiza que a menudo nuestra aplicación de estos predicados a otros es correcta y que, por lo tanto, sabemos con frecuencia lo que otros piensan, ha de plantearse entonces la cuestión de los fundamentos que tiene cada uno de nosotros para creer que sabe lo que él (en el mismo sentido) piensa. La respuesta de estilo wittgensteniano puede resolver tal vez el problema de las otras mentes, pero crea un problema correspondiente en torno al conocimiento de la mente propia (...) el escepticismo no queda derrotado, sino que simplemente se traslada al conocimiento de nuestra propia mente”⁴⁷⁷.

b. La preservación de la concepción coherentista o conjuntista de la racionalidad y su concepción esencialmente tarskiana de la ver-

476 Davidson, Donald; “El mito de lo...”, *op. cit.*, p. 71.

477 Davidson, Donald; “El conocimiento de la propia mente”, en *Mente, mundo y...*, *op. cit.*, pp. 121, 122 y 129.

dad –como identidad o equivalencia uno a uno de sus elementos– es de naturaleza puramente extensional. De hecho, la noción de coherencia de las emisiones o conducta verbal de los individuos resulta causalmente inseparable del contexto de interpretaciones recíprocas. Esta concepción no parece dejar lugar dentro de la racionalidad a fenómenos como las contradicciones y las paradojas revolucionarias, en el sentido de Marx, Kuhn o Feyerabend.

Este problema se evidencia particularmente cuando Davidson analiza la “incoherencia” o “irracionalidad” de aquellos discursos en los que nos encontramos con “ideas opuestas” unidas por una conjunción (“D cree que no es calvo y cree que es calvo”), que atribuye a la “debilidad de la justificación”, y cuando nos encontramos con la “inconsecuencia” de una acción intencional que no es coherente con las normas que el sujeto expresa y acepta públicamente, que atribuye a la “debilidad de la voluntad”.

Para Davidson, “la debilidad de la justificación tiene, obviamente, la misma estructura lógica (o, mejor, ilógica) que la debilidad de la voluntad”⁴⁷⁸ en la medida que ambas violan el principio normativo que Hempel y Carnap denominaron, “requisito de evidencia global en el razonamiento inductivo”, por el cual se exige dar crédito a la hipótesis que cuente con mayor evidencia disponible. Pero esta condición necesaria de racionalidad no es suficiente para decretar la irracionalidad, en la medida que supone la claridad de la evidencia, lo que sólo sería plausible para normas básicas o fundamentales, pero no para cualquier afirmación empírica.

Ello nos remite al llamado “pensamiento desiderativo”, aquel que “consiste en creer algo debido al deseo que uno tiene de que sea verdad”⁴⁷⁹ (por razones de gozo, felicidad o limitación de nuestras penas). Pero en tal caso, una persona puede tener una razón que es una buena causa para tal creencia y por tanto esta última no es necesariamente irracional en sí misma, salvo que distingamos entre tener “razón” (motivos) y tener “evidencias” (pruebas) de la verdad de una proposición.

478 Davidson, Donald; “Engaño y división”, en *Mente, mundo y acción*, op. cit., p. 102.

479 *Ibid.*, p. 107.

Pero esto tampoco convierte al pensamiento desiderativo necesariamente en irracional, pues muchas hipótesis científicas pueden ser buenas y productivas sin que necesariamente aporten evidencias a su favor (debilidad de justificación). Como hemos visto en la primera parte de este trabajo, la historia de la ciencia muestra numerosos casos de este tipo.

En consecuencia, si bien Davidson admite “en relación con un conjunto de proposiciones contradictorias entre sí, creer simultáneamente cada una de ellas”, tal cosa sólo es posible, siempre y cuando se consiga “mantener separadas creencias estrechamente relacionadas pero opuestas”, postulando “la existencia de un límite entre ellas”. Pero lo que es inadmisibles (y en ello consistiría la irracionalidad) es la pretensión de “tener una creencia cuyo objeto sea la conjunción de aquellas cuando su contradicción resulta obvia”⁴⁸⁰:

Aunque han de pertenecer a territorios fuertemente imbricados, dos creencias contradictorias no pertenecen al mismo territorio; borrar la línea existente entre ellas conllevaría la destrucción de una de las dos⁴⁸¹.

En consecuencia, la “irracionalidad” para Davidson consistiría en traspasar el límite que mantiene separadas las creencias contradictorias, sin sacrificar una de las dos. Creo que precisamente el debilitamiento exitoso del Principio de contradicción por las lógicas paraconsistentes, desborda la prohibición de Davidson y produce una ampliación sin precedentes de la noción moderna de científicidad o, si se quiere, una ampliación de la “jurisdicción” de la racionalidad.

c. El énfasis exclusivo en la conducta intencional (o instrumental), es decir aquella que se explica por la relación medios-fines (o motivos), ¿no sugiere más bien la preservación de una imagen puramente coherentista de la mente humana más cercana al “yo” de Descartes que al de Freud, así como una ingenua creencia en la autoridad moral de la primera persona que descansa en la supuesta transparencia (“sinceridad”) de su autoconocimiento?:

480 *Ibid.*, pp. 115-116.

481 *Ibid.*, p. 116.

A causa de que moralmente sabemos lo que creemos (y deseamos y dudamos y pretendemos) sin necesidad de usar la evidencia (incluso cuando disponemos de ella), *nuestro testimonio sincero* acerca de nuestros estados mentales presentes no se halla sometido a las deficiencias de las conclusiones basadas en la evidencia. Así, pues, las *aserciones sinceras en primera persona del presente* acerca de pensamientos, aún no siendo infalibles ni corregibles, poseen no obstante una autoridad que no puede tener una aserción en segunda o tercera persona o en un tiempo distinto del presente. *Reconocer este hecho, sin embargo, no equivale a explicarlo*⁴⁸².

¿No será esto también el resultado de una reducción excesiva de la indeterminación de la interpretación y la referencia, dejando de lado aquel amplio –y tal vez mayoritario– espectro de la conducta social no intencional o no instrumental, esto es, aquellas interacciones comunicativas que no se caracterizan precisamente por una clara coherencia causal o funcional y, por lo tanto, no admiten una discriminación y clasificación completa de sus elementos al interior de un conjunto sistémico? Es decir, aquellas que no admiten una definición conjuntista de su identidad. Por ejemplo, interacciones análogas a las que describe el principio de Indeterminación de Heisenberg para las entidades cuánticas. O para referirnos específicamente a la conducta verbal, aquella aptitud creativa del lenguaje que Chomsky caracteriza como el “problema de Platón”, en la medida que no puede describirse skinerianamente como una mera respuesta conductual determinada por estímulos específicos (EOR).

Del hecho de que Davidson entienda que “la identidad es una relación simétrica”⁴⁸³, se sigue el “problema” de “cómo explicar la asimetría entre el modo que una persona conoce sus estados mentales presentes y el modo en que los conocen otros”⁴⁸⁴. Ello hace reaparecer nuevamente el fantasma del dualismo moderno con el que empezó su propia crítica, en términos de una “mente privada” como enti-

482 Davidson, Donald; “El conocimiento...”; en *Mente, mundo y...*, op. cit., p. 120.

483 *Ibid.*, p. 146.

484 *Ibid.*, p. 132.

dad de segundo orden en relación a la mente pública observable conductualmente, si es que no queremos caer en la absurda tesis de que “no sabemos lo que pensamos”, en la que caería un reduccionismo sociológico del conocimiento.

Para poder introducir una entidad intencional sin caer en el dualismo, Davidson y Quine han apelado a una distinción entre una identidad genérica de tipo platónico (“identidad tipo-tipo”) entre la mente y el mundo externo, y una “identidad caso-caso” (casuística o empírica), de forma análoga a como distinguieron la causalidad de los actos intencionales (no regidos por leyes universales), de manera que se pueda afirmar con sentido que dos personas pueden ser físicamente idénticas (o estar determinadas por las mismas condiciones físicas) pero psicológicamente divergentes. Tal es la posición que Quine y Davidson denominan como “monismo anómalo”⁴⁸⁵.

No obstante, este recurso no resuelve la dificultad filosófica que implica la existencia de esta asimetría para una solución materialista puramente extensional sino sólo le pone un nombre (“*Anomalous monism*”), o si se quiere, en el mejor de los casos, constituye una “solución” *ad hoc* que en algún sentido todavía preserva de mala gana la “arcaica herencia animista” (Quine).

¿Cómo sería posible entonces integrar las perspectivas epistemológicas de la primera y la tercera persona sin apelar a entidades intencionales mentalistas o animistas de segundo orden? Sólo si *ampliamos la indeterminación* (o “vaguedad”) epistemológica de nuestras concepciones de racionalidad, significado, referencia y verdad de naturaleza representacionista, así como los compromisos ontológicos referidos a nuestras nociones de identidad, entidad, diferencia, relación, permutación y extensión, entre otros entes de naturaleza conjuntista.

En ello consiste —en mi opinión— el carácter revolucionario de las lógicas paraconsistentes y las teorías cuasiconjuntistas, que nos liberan de la disyuntiva “extensión-intensión” de la concepción moderna de

485 *Ibid.*, p. 146. Cf. también, Quine, W.V.; *Pursuit of truth*. U.S.A.-London, 1990, Harvard University Press, Cap. IV (“Intension”) & 29 y & 31 (“Anomalous monism” y “A mentalistic heritage”), pp. 70-76.

cientificidad. En dicho sentido, un reciente trabajo de da Costa, Bueno y French (1998) ha desarrollado una nueva ampliación matemática del concepto de “verdad pragmática”, aplicándola a conjuntos inconsistentes como un “modelo natural” del razonamiento científico⁴⁸⁶. Para ello se han basado en una definición formal de verdad pragmática, “heurísticamente inspirada” en la conocida “regla” enunciada por Peirce para lograr lo que llamó el “tercer nivel de claridad” en la formulación de nuestras ideas. Recordemos dicha regla:

Consider what effects, that might conceivably have practical bearings, we conceive the object of our conception of these effects is the whole of our conception of the object⁴⁸⁷.

Según da Costa y sus colaboradores, en la concepción semántica tradicional de la verdad por correspondencia, la consistencia de una oración verdadera en una teoría supone una simetría formal básica, por la cual la oración “cree que p” es entendida como equivalente de “cree que p es verdadera” en T. Cualquier asimetría en dicha correspondencia torna inconsistente (trivialmente verdadero) un sistema.

Tal concepción en realidad supone que la noción de verdad en términos de correspondencia implica una identidad absoluta entre “aceptación y creencia” o una separación relativista total entre ambas, que no toma en cuenta el “aspecto temporal” de la correspondencia en la estructura falibilística de las teorías científicas, ignorando la conectiva pragmática existente entre “creencia” y “aceptación” en la elaboración, desarrollo e investigación de una teoría científica. De manera que la proposición “cree que p” debe en realidad ser entendida como “cree que p es pragmática o parcialmente verdadera”, en correspondencia con la actitud falibilista del investigador mismo⁴⁸⁸.

486 da Costa, Newton; Bueno, Octavio y French, Steven; “The logic of pragmatic truth”, en *Journal of Philosophical logic*. Netherlands, 1998, Kluwer Academic Publishers, 27, 603-620.

487 Peirce, Charles Sanders; “How to make our ideas clear”, en *Philosophical writings of Peirce*. New York, 1955, Dover Publications, p. 31.

488 da Costa, Newton *et. al.*; “The logic of...”, *op. cit.*, pp. 616-617.

Se trata aquí de un estudio metateórico de una lógica de validación pragmática estricta, o de la modelación de un “razonamiento natural” (natural reasoning), o finalmente quizás de un nuevo concepto de “cuasi-verdad” (quasi-truth) en vez de “verdad pragmática”⁴⁸⁹. Tal es en mi opinión, el estado de la cuestión.

489 “Maybe it would be better to call our kind of truth quasi-truth, instead of pragmatic truth”. *Ibid.*, p. 604.

XIII

Kant, Heidegger y la ciencia moderna

QUISIERA FINALIZAR intentando responder a dos interesantes objeciones que me fueran planteadas por el doctor Antonio Peña Cabrera con respecto al texto original.

1. Él considera que hay un uso excesivo del término “compromiso ontológico”, inclusive cuando “no hay entes que referir”. Por ejemplo —dice— los conceptos de espacio y tiempo en Kant en realidad no son entes sino condiciones de aparición de los fenómenos. Se podría decir que “son supuestos metafísicos” pero no ontológicos.

2. Él considera también que hago un uso indistinto de los términos “óntico”, “ontológico” y “metafísico” como si fueran iguales, cuando en realidad “no significan lo mismo según Heidegger”.

Se trata de dos observaciones profundas, a las que desgraciadamente tendré que responder en forma esquemática. Sucede que ambas afirmaciones son ciertas en cuanto al uso diferente que hago de dichos conceptos frente al uso que de ellos hacen Kant y Heidegger. No obstante, no creo que mi uso sea injustificado.

Mi tesis es explícita en lo que se refiere al punto de partida desde el cual se establecen los diversos compromisos ontológicos en todas nuestras expresiones simbólico-culturales. En mi opinión, dicho punto de partida es el lenguaje ordinario y las formas de vida práctica de una comunidad o una época y no una esfera trascendental poblada de principios metafísicos de los cuales se derivarían apodícticamente las categorías gnoseológicas y ontológicas; por ello hablo de “compromisos ontológicos” y no de “principios ontológicos”. El objeto del análisis filosófico es precisamente desentrañar el entramado pragmático que les da sentido y referencia. Por ello el epígrafe de Bertrand Russell al comienzo de la Introducción del presente trabajo.

Kant

I. Estoy sólo parcialmente de acuerdo con el punto en que Kant —en discrepancia con Newton— establece la existencia de principios (“compromisos” en mi caso) metafísicos constitutivos de las ciencias naturales modernas, anteriores a sus principios matemáticos constructivos.

Como señala Kant en la *Crítica de la razón pura*, “los conceptos matemáticos no son conocimientos por sí mismos; a no ser que se suponga que hay cosas que solamente pueden presentársenos según la forma de esta intuición sensible”⁴⁹⁰, y esto sólo sucede de acuerdo con conceptos proporcionados por la metafísica. Y como añade luego en el *Prefacio* de sus *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*, se trata de “conceptos que pertenecen a la posibilidad de la materia”, o al “concepto de naturaleza en general”, o también a la “metafísica de la naturaleza corpórea”⁴⁹¹.

II. También suscribiría —aunque sólo parcialmente— la tesis kantiana de que estos conceptos metafísicos de la ciencia natural moderna conllevan una “concepción espacial de la corporeidad”, separa-

490 Kant, Immanuel; *Crítica de la... op.cit.* (B147).

491 Kant, I.; *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*. Madrid, 1989, Alianza Editorial, pp. 30 y 33.

da de su temporalidad. Pero no atribuiría su origen –como lo hace Kant– a una supuesta “intuición pura del espacio” operada por un hipotético “sentido externo”, completamente separado de la “intuición pura del tiempo” que Kant refiere a un supuesto “sentido interno”. Este dualismo condujo erróneamente a Kant a considerar la geometría euclidiana no como un constructo conceptual sino como una representación definitiva y objetiva de dicha “intuición pura del espacio”.

En realidad, la separación de espacio y tiempo, así como de sentido “externo” e “interno” en Kant, es el resultado de su aceptación del paradigma ontológico del atomismo newtoniano. Un espacio en sí mismo, independiente del tiempo y de los objetos –léase un “espacio vacío”– resulta del presupuesto ontológico fundamental del “espacio euclidiano”. En tal identificación ontológica reside el argumento gnoseológico fundamental de Kant en su *Crítica de la razón pura*: podemos pensar un espacio sin objetos (vacío), pero no objetos sin espacio. Este compromiso ontológico va a ser roto por la teoría general de la relatividad. Y en ello reside una diferencia esencial con Kant.

III. Por esta razón me separo totalmente de la tesis kantiana cuando considera dicha metafísica de la ciencia natural moderna como resultado de “intuiciones”, “conceptos” y “principios puros del entendimiento” de naturaleza apriorística y por tanto absoluta. Yo la considero simplemente el resultado de un *compromiso históricamente limitado de la ciencia natural moderna con una ontología atomista*.

IV. No pretendo afirmar que para Kant el espacio y el tiempo sean “entes”. En efecto, para él se trata de intuiciones puras de relaciones de coextensión y yuxtaposición en el espacio, así como de sucesión y simultaneidad en el tiempo. Pero sí afirmo que sólo pueden ser consideradas como intuiciones puras de relaciones en la exacta medida que suponen un compromiso ontológico previo, a saber: la existencia independiente de los objetos (como átomos), separados de sus relaciones (vacío).

V. Es dicha ontología la que conduce a Kant a relegar “las relaciones” al campo de lo analítico puro y, por otro lado, a los objetos al campo sintético y a separar igualmente el sentido interno del externo,

así como el espacio del tiempo. Una ontología dualista conduce a una teoría del conocimiento dualista y a una separación absoluta –no gradual– entre lo analítico y lo empírico, tesis que –siguiendo a Quine– he rechazado por paradójica.

VI. Al apartarme totalmente de esta ontología atomista u objetualista, lo hago también de la teoría kantiana del conocimiento, que ve la experiencia (lo empírico) únicamente como una relación de objetos⁴⁹². Su teoría del conocimiento, por ello, sólo toma en cuenta la Física-Matemática (newtoniana), e ignora el contexto social y cultural en el que dichas disciplinas están inscritas. Ignora las experiencias sociales, literarias y artísticas, porque no son objetuales. No ve por ello la noción de corporeidad como un constructo conceptual producido de manera histórica.

En realidad, con Kant sucede lo mismo que Marx denunciaba de la Economía Política inglesa (y en general de la filosofía moral británica), que veía la mercancía como cosa u objeto y no como una relación histórico-social determinada. Es el mismo fetichismo cosificante y la misma concepción instrumental de la racionalidad humana. Tal vez esa sea la razón de fondo por la que Kant no puede tener una visión crítica de la Física newtoniana como sí la va a tener Hegel, por ejemplo⁴⁹³.

Heidegger

En relación a Heidegger, el asunto se torna más complejo y la profundidad de sus perspectivas filosóficas –algunas de las cuales comparo– requiere de una muy detallada discriminación crítica que supera en mucho la respuesta puntual a las objeciones planteadas. Teniendo

492 Como expresa su principio supremo de todos los juicios sintéticos: “Las condiciones de posibilidad de la experiencia en general son también las condiciones de posibilidad de los objetos de la experiencia...”. Kant: *Crítica de la..., op. cit.*, Lib. II, Sec. 3a, p. 168.

493 “... no deja de ser interesante observar cuán frágil resultó el trípode científico: lógica aristotélica, geometría euclídeana y mecánica newtoniana, en el que Kant apoyó su filosofía”. Babini, José; *Historia de las ideas modernas en matemáticas*. Washington D.C., 1967, Unión Panamericana, p. 40.

en cuenta lo específico de mi respuesta, ella se podría resumir en los siguientes puntos:

I. Estoy de acuerdo con él cuando sugiere que al analizar las condiciones de definición de una ontología (en un sentido "lato" y no como disciplina particular)⁴⁹⁴ hay que "entrar" en ella a partir del "ser ahí" (*Dasein*), dado que éste es ónticamente anterior.

En otras palabras, hay que partir por el ente que se interroga históricamente por la naturaleza del Ser. Ello consiste en "mostrar" dicho ente en su "inmediatez" y "cotidianidad", y tal procedimiento consiste básicamente en mostrar su "temporalidad". Dicho en palabras del propio Heidegger: "El Ser ha de concebirse, partiendo del tiempo"⁴⁹⁵. Es esto lo que determinaría los alcances y límites de una ontología. Recordemos que Heidegger es en cierto modo un poseins-teniano; no hay en su ontología la separación kantiana entre el espacio y el tiempo. Por el contrario, se trata de "poner de manifiesto la temporalidad del Ser"⁴⁹⁶.

II. Estoy parcialmente de acuerdo con Heidegger que lo anterior significa investigar "la condición de posibilidad de su historicidad"⁴⁹⁷, pero no pienso que la historicidad es una mística condición de posibilidad sino que es una condición de realidad. Y tampoco pienso que "historicidad quiere decir estructura del Ser"⁴⁹⁸ en general (óptica), sino apenas un rasgo característico del ser social y la conciencia social específicamente modernas.

No obstante, creo que Heidegger tiene el mérito de que "resucita el problema del Ser bajo una forma que va más allá de toda metafísica tradicional"; lo hace de una manera "radicalmente nueva frente a las aporías clásicas del historicismo: *su concepto de comprensión tiene un peso ontológico*"⁴⁹⁹.

494 Heidegger, Martin; *El ser y el tiempo*. México, 1988, FCE, p. 37.

495 *Ibid.*, p. 28.

496 *Ibid.*, p. 29.

497 *Ibid.*, p. 30.

498 *Ibid.*

499 Gadamer, Hans-Georg; *El problema de la conciencia histórica*. Madrid, 1993, Tecnos, p. 72.

Sobre el punto, pienso que Gadamer tiene razón cuando señala que “esto significa que ni el cognoscente ni lo conocido están ‘ónticamente’ y simplemente ‘subsistentes’, sino que... tienen el modo de ser de la historicidad (...) Aquello que aparecía hace poco como perjudicial en el concepto de ciencia y de método, como una manera solamente ‘subjética’ de aproximar el conocimiento histórico, se coloca *actualmente* ante el plano de una interrogación fundamental”⁵⁰⁰. Ello plantea a Heidegger la tarea de la “destrucción de las categorías de la ontología tradicional”⁵⁰¹, incluida la concepción cosificante y puramente espacial de la ontología fisicalista atomista moderna.

III. Desde este punto de vista, Heidegger ve también de una manera históricamente interesante el cambio que se opera entre la ciencia antigua y la moderna, como un resultado histórico de “una disputa secular acerca de los conceptos y principios fundamentales del pensar... frente a las cosas y al ente en general”⁵⁰².

IV. Heidegger también observó de una manera sugerente que la Física moderna expresó desde su primera ley –la ley de la inercia– un radical compromiso ontológico con el atomismo de Demócrito, o dicho en sus propias palabras, una “relectura de Demócrito”⁵⁰³. Y también observó que dicho cambio no tuvo ninguna justificación “empírica”, sino que fue el resultado de una transformación de “la manera de nuestro acceso a las cosas en coincidencia con el logro de un nuevo modo de pensamiento... según el cual, el proceso natural no es otra cosa que la determinación espacio-temporal del movimiento de unidades de masa”⁵⁰⁴.

V. En este aspecto hay que resaltar que la crítica de Heidegger avanza mucho más allá de Kant, Hegel, Dilthey y Husserl, en la “demolición” del dualismo ontológico (sujeto-objeto) del discurso filosófico moderno. Desde Descartes, este discurso había convertido al sujeto

500 *Ibid.* p. 76.

501 Heidegger, Martin; *El ser y el tiempo*, op. cit., p. 30.

502 Heidegger, Martin; *La pregunta por la cosa*. Madrid, 1985, Orbis, p. 56.

503 *Ibid.*, pp. 66-67.

504 *Ibid.*, pp. 74-75.

en una entidad completamente independiente del mundo de las sustancias materiales, deviniendo en una categoría abstracta –"ser del sum"– consecuencia de una noción objetualista del mundo empírico. De ahí que a este ser categorial sólo se podía acceder por una vía puramente analítica (logicista o trascendental) que terminó ocultando completamente la historicidad de la propia racionalidad humana.

VI. La radical "hermenéutica de la facticidad" de Heidegger, no se detuvo inicialmente ni ante la historicidad de su propia crítica, al enfatizar que su "exégesis (descriptiva) del ser ahí en su cotidianidad... se mueve dentro de una cultura altamente desarrollada y diferenciada"⁵⁰⁵. Es decir –a mi modesto entender–, que la investigación sobre la individualidad del ente que interroga por la naturaleza del Ser se da en los marcos históricos de una cultura moderna altamente desarrollada y diferenciada.

Pero en este punto comienzan también las diferencias con su negación nihilista, pues para Heidegger esta cotidianidad cultural se da en un mundo moderno dominado por las ciencias positivas y éstas "sólo ocultan" la relación directa con el ser ahí, o mejor dicho, con su estructura apriorística originaria, como "ser en el mundo", pues ven al Ser en forma "externa" y "ajena"⁵⁰⁶.

En realidad me parece que Heidegger abandona su propio programa de una radical "hermenéutica de la facticidad", pues es él mismo quien ve en forma "ajena" y "externa" la cotidianidad cultural de la tradición científica moderna.

Apelando nuevamente a Gadamer, podríamos decir al respecto que "distanciarse, liberarse de la tradición, no puede ser la primera preocupación en nuestros comportamientos cara a cara del pasado, en el cual nosotros –seres históricos– participamos constantemente. Por el contrario, la actitud auténtica es aquella que interpela a una 'cultura' de la tradición en el sentido literal de la palabra, *como un desarrollo y una continuación* de aquello que reconocemos, como siendo el lugar concreto entre todos nosotros". Ella no se asimila mientras miremos "lo que nos ha sido entregado por nuestros antepasados...

505 Heidegger, Martin; *El ser y el...*, op.cit., p. 63 .

506 *Ibid.*, pp. 66 y 75 .

como el objeto de un método científico o como si fuese algo profundamente diferente, completamente extraño... La realidad de la tradición no constituye un hecho, un problema de conocimiento, sino un fenómeno de apropiación espontáneo y productivo, de contenidos transmitidos"⁵⁰⁷.

Oponer radicalmente la tradición al saber actual es una oposición meramente abstracta, y además contradictoria con su demolición hermenéutica, pues coloca a la tradición como un "objeto en cuanto tal".

Como consecuencia de ello, para Heidegger resulta necesaria una analítica fundante, anterior a toda empiricidad cosificadora, en la búsqueda de una misteriosa estructura existencial del estar-ahí, de naturaleza anterior y trascendental al saber fáctico. En realidad, Heidegger da por supuesto que ésta es la única forma de empiricidad científica posible –objetualista o cosificante– como si nuestras relaciones sociales y formas de vida práctica no fueran también una relación empírica con el mundo pero no de carácter objetual. Creo que Heidegger preserva una noción estrecha de "experiencia" heredada en cierto modo de Kant.

VII. Por esta razón, su "historicidad" resulta completamente ajena a la historia profana (material y cultural). Su "historicidad del Ser" nos remite a una historia completamente diferente a la historiografía empírica que corresponde a una disciplina científica-positiva particular.

Historicidad para él significa una reedición o rememoración romántica de la historia de la ontología (cuyo eje es la Grecia antigua), como historia de la pregunta por el Ser en general. Ve la historia en una forma estrechamente disciplinaria, de una comunidad de especialistas, que podríamos caracterizar como análoga a las "comunidades científicas" de Kuhn.

Se trata, en realidad, de una estructura apriorística que interroga pero que no es ella misma histórica; por ello su fundamentalismo disciplinario ontologista. No ve a ésta como una forma histórica disciplinaria que se da en la Grecia clásica, pero que resulta difícil de extender –como disciplina independiente– en el entorno teológico que ella adquiere en el mundo medioeval, o en el entorno fisicalista y natura-

507 Gadamer, H.G.; *El problema de...*, op. cit., pp. 78-79.

lista del mundo moderno, o en el entorno historicista que adquiere en el mundo contemporáneo con el desarrollo de las ciencias humanas e histórico-sociales.

Me parece que Heidegger no puede comprender la propia historicidad de su pregunta, idealizándola como una estructura originaria a la que sólo accedemos mediante una “analítica existencial” o alguna suerte de hermenéutica universal que se pregunta por “la pregunta”. Su idealización eterniza un discurso históricamente limitado⁵⁰⁸.

VIII. En realidad, la analítica del “ser ahí” presupone la posibilidad de representarse al individuo independientemente de su entorno natural y cultural. Pero el individuo representado de esta manera es un producto histórico moderno por excelencia. La pretensión fundante de esta pregunta hubiera resultado absurda a los griegos, para quienes una entidad de tal naturaleza sería una derivación muy posterior del “Ser en cuanto tal”. El “ser ahí” no es ciertamente un *a priori* de la interpretación o una suerte de “estructura original y constantemente íntegra” o “estructura fundamental” como Heidegger supone, sino un resultado histórico-cultural⁵⁰⁹.

IX. Esta presuposición ahistórica constituye el punto de partida que llevó a Heidegger a plantearse la posibilidad fundamentalista de

508 “Heidegger... ha querido reeducar nuestro ojo y reorientar nuestra mirada; ha querido que subordinemos el conocimiento histórico a la comprensión ontológica, como una forma derivada de una forma originaria. Pero no nos da ningún medio para mostrar en qué sentido la comprensión propiamente histórica se deriva de esta comprensión originaria”. Ricoeur, Paul; *Hermenéutica y estructuralismo*. Buenos Aires, 1975, Megápolis, pp. 14-15. También Richard Rorty –aunque desde un ángulo distinto al de Ricoeur– ha señalado la paradójica ambivalencia en que se mueve el pensamiento de Heidegger, entre la historicidad del Ser y la estructura óntica ahistórica en la que se sitúa por siempre el Dasein: “Como he indicado, en la obra posterior se desecha el término ‘ontología’, así como el Dasein. El mal rendimiento que tiene en *Ser y tiempo* la distinción óntico-ontológico lo tiene ahora la distinción entre originario y no originario. Sin embargo, nunca se explica qué constituye la originariedad, como tampoco se explicó cómo desenmascararse de la propia facticidad lo suficiente para ser ontológicos. En la obra posterior, ‘originario’ (ursprünglich), tiene toda la resonancia y oscuridad que tuvo el término ‘ontológico’ en la obra temprana”. Rorty, Richard; *Ensayos sobre Heidegger y otros...*, op. cit., p. 69.

509 Heidegger, Martin; *El ser y el...*, op. cit., p. 53.

una “analítica del ser ahí”. Un procedimiento análogo –guardando las distancias históricamente obvias– al que llevó a Rousseau a postular la hipótesis del “buen salvaje” como punto de partida de su teoría contractualista de la sociedad, o las célebres “robinsonadas” de la Economía Política clásica.

Si bien Heidegger no sostiene que el *Dasein* es una “esencia”, sí afirma que su existencialidad es una “potencia” de estructura apriorística. Más aún, rechaza explícitamente que el *Dasein* trate de un ente empírico, subjetivo o de alguna actividad práctica sobre el mundo. También rechaza que su pregunta pueda expresarse en el lenguaje ordinario o en cualquiera de las formas de expresión o comunicación empírica históricamente producidas.

Por esta razón, para Heidegger los “fundamentos ontológicos nunca pueden inferirse subsecuente e hipotéticamente del material empírico”⁵¹⁰, es decir, de las ciencias positivas. Contrapone por ello la ontología a la ciencia empírica, natural y social, convirtiendo nuevamente el “apriorismo en el método de toda filosofía científica”⁵¹¹. Sospecho que esta misma sobreestimación disciplinaria no es sino la profundización de la “profesionalización” del conocimiento, característica de la racionalización cultural moderna burguesa europea, tantas veces destacada por Weber.

X. En consecuencia, su inicial “demolición de la ontología tradicional” –al encerrarse en un procedimiento puramente analítico– una vez alcanzado cierto punto, se detiene e inicia un regreso en el que reconstruye la misma estructura ontológica dualista del discurso filosófico moderno que inicialmente criticó. Del mismo modo, su procedimiento gnoseológico puramente analítico y su pretensión fundamentalista, lo conducen a intentar refundar una hermenéutica universal, análoga a la *mathesis universalis* a que aspiraron Descartes y Leibniz, sólo que sustituyendo su espíritu laico y racionalidad calculante por un espíritu cuasi teológico y una racionalidad contemplativa de dudosa superioridad.

510 *Ibid.*, p. 62.

511 *Ibid.*

XI. Por todas estas razones, no distingo en mi análisis entre una esfera “óptica” —que requiere de una analítica existencial apriorística— y una esfera históricamente empírica, en la cual establecemos los “compromisos ontológicos” disciplinarios concretos. En el peor de los casos, sólo cabe una distinción gradual entre dichos niveles de abstracción, siendo ambos de naturaleza histórica.

Tampoco pretendo decir que la metafísica se reduce a la ontología, sino simplemente que los “compromisos ontológicos” son “históricamente” los determinantes para la metafísica que asumimos o rechazamos. Dicho en pocas palabras, no hablo como Kant o Heidegger de “principios ontológicos” de la ciencia moderna, sino de “compromisos ontológicos”. Con ello no me veo obligado a sugerir o postular ninguna metateoría analítica fundamentalista acerca de alguna esfera “óptica del ser” o alguna esfera de “razones” o “intuiciones” puras trascendentales.

En conclusión, no acepto la tesis kantiana de una suerte de esfera puramente analítica, trascendental y apriorística, desde la cual se conforman los conceptos, principios e intuiciones puras del entendimiento, separada del mundo empírico y a partir de la cual se deducirían los compromisos ontológicos. Tampoco suscribo la tesis heideggeriana de una esfera apriorística de experiencia óptica, poblada de existenciales pre-categoriales, independiente o previa a los compromisos ontológicos que establecemos en el mundo empírico. He tratado de defender algo más cercano a la tesis opuesta.

Apéndice I

Algunos aspectos históricos y lógicos del concepto “Compromiso ontológico”

ALEXANDER KOYRÉ –al criticar la concepción positivista de la ciencia– es quien mejor enfatiza desde un punto de vista histórico, el papel decisivo que tienen los compromisos ontológicos y las proyecciones metafísicas para su desenvolvimiento teórico:

... la historia de esta progresión de la ciencia moderna debería estar consagrada a su aspecto *teórico*, tanto por lo menos como a su aspecto experimental... Las grandes revoluciones científicas del siglo XX –como las de los siglos XVII o XIX– aunque fundadas naturalmente en hechos nuevos... son fundamentalmente revoluciones teóricas cuyo resultado no consistió en relacionar mejor “los datos de la experiencia” sino en adquirir una nueva concepción de la realidad profunda subyacente en estos “datos”¹.

La razón de ello pareciera estar en los sujetos que la formularon, “la ciencia de éstos (Galileo o Descartes) no es obra de ingenieros o artesanos, sino de hombres cuya obra rara vez rebasó el orden de la teoría...”, si bien

1 Alexander Koyré, *Estudios de historia... op. cit.*, p. 75.

“provocó finalmente una revolución técnica, ... no fue creada y desarrollada ni por ingenieros ni por técnicos, sino por teóricos y filósofos”².

Para Koyré, “la ciencia galileana, la filosofía galileana de la naturaleza, aparecía como una vuelta a Platón, como una victoria de Platón sobre Aristóteles” en la medida que las matemáticas eran restablecidas como “la gramática de la ciencia física”³. Pero como bien subraya Bernard Cohen, esto era sólo la “apariencia”; la física newtoniana moderna no era solamente un lenguaje o un proyecto de reduccionismo geométrico⁴.

Aristóteles había mostrado ya las paradojas ineludibles de una concepción formalista de la realidad. No había un camino de retorno fácilmente aceptable para el sentido común de la época, de la concepción ontológica aristotélica de la sustancia como unidad de materia y forma a la de la *forma sustancial* pitagórico-platónica.

En este punto la Física moderna no va a seguir totalmente a Descartes en su reduccionismo geométrico, sino a Gassendi y Newton en su ontología fisicalista-atomista. Por eso Koyré describe este proceso en los siguientes términos: “Platón no llevó a cabo esta revancha victoriosa sólo. Fue una alianza —alianza *contra natura* sin lugar a dudas—... de Platón con Demócrito, la que terminó con el imperio de Aristóteles”⁵. Y esta alianza o

2 *Ibid.*, pp. 151-155.

3 *Ibid.*, pp. 194-195.

4 “Difícilmente se podría considerar una novedad del siglo XVII el ideal de crear una ciencia física exacta basada en las matemáticas... Ptolomeo, quien escribía en el siglo II d.C., había proclamado ese mismo ideal... él lo llamaba ‘composición’ (o compilación) matemática... en el Almagesto, Ptolomeo se ocupaba de producir o desarrollar modelos geométricos que sirvieran para computar las latitudes y longitudes... modelos matemáticos que no pretendían gozar de realidad física... no se suponía que el verdadero movimiento de tales cuerpos planetarios celestes discurriese necesariamente por epiciclos... Ptolomeo era perfectamente consciente de que su orden planetario... era un tanto arbitrario...” Cohen, I. Bernard; *La revolución newtoniana...* *op. cit.*, pp. 49-50. Lo novedoso es cuando la correspondencia con la naturaleza de dichos modelos matemáticos se hace verosímil. Esto es, cuando los podemos hacer corresponder, mediante una interpretación ontológica atomista de la naturaleza, y la hacemos susceptible de ser analizada o descompuesta en elementos simples, surgiendo así una relación de correspondencia biunívoca de sus elementos (uno a uno) entre formalismo e interpretación física: ahí las magnitudes matemáticas se vuelven “físicamente observables” como volumen, peso, posición, ángulos, distancias, tiempos, impactos etc. Cf. al respecto al mismo Cohen, *op. cit.*, p. 82. De aquí surge la idea de precisión puntual o “exactitud” del lenguaje científico y la concepción representacionista de la verdad como correspondencia demostrable.

5 Koyré, Alexander; *Estudios de historia...*, *op. cit.*, p. 307.

compromiso incoherente de viejos enemigos filosóficos para la constitución de la ciencia moderna, muestra de manera contundente cómo “es imposible separar el pensamiento filosófico del pensamiento científico”⁶.

También para el historiador inglés de la ciencia A.C. Crombie, el compromiso ontológico de la ciencia juega un papel determinante. Para él “la teoría atomista es un buen ejemplo” de cómo la forma, dirección y amplitud de las preguntas y explicaciones científicas está “inevitablemente muy influida por la filosofía del investigador o por su concepción de la naturaleza, por sus presupuestos metafísicos..., son éstos los que determinan su concepto del tema... la dirección en que se encontrarán las verdades ocultas detrás de las apariencias... lo que un científico considera significativo en un problema... inspira su imaginación científica... y puede poner límites a lo que considera como admisible en cuanto explicación... Estos presupuestos filosóficos pueden, desde luego, ser modificados profundamente... Pero nunca ha existido ciencia natural enteramente desprovista de una concepción previa de objetivos teóricos de carácter filosófico”⁷.

Finalmente, el célebre historiador norteamericano de la ciencia Thomas S. Kuhn, ha llevado teóricamente más allá que ningún otro el significado determinante que en la ciencia tiene el compromiso ontológico y el cambio de este compromiso tanto para el desarrollo de la “ciencia normal” como para las grandes “revoluciones científicas”. Sus investigaciones publicadas “tratan del papel integral desempeñado por una u otra metafísica en la investigación científica creadora”⁸.

Kuhn ha sugerido que “la investigación científica apenas comienza antes de que una comunidad científica crea haber encontrado respuestas firmes a preguntas como las siguientes: ¿cuáles son las entidades fundamentales de que se compone el universo? ¿cómo interactúan esas entidades unas con otras y con los sentidos? ¿qué preguntas pueden plantearse legítimamente sobre esas entidades y qué técnicas pueden emplearse para buscar las soluciones?”⁹.

Aquí Kuhn no hace sino reescribir las dos clásicas preguntas fundamentales que, según Aristóteles, inician la investigación de las dos principa-

6 *Loc. cit.*

7 A.C. Crombie; *Historia de la ciencia...*, *op. cit.*, tomo 2, cap. II, p. 255; véase también las pp. 278-281, donde Crombie sugiere con toda evidencia que la concepción instrumentalista de la ciencia es básicamente un resultado de la presión clerical y teológica por desterrar toda pretensión metafísica de verdad en la ciencia.

8 T.S. Kuhn; *Estructura de las revoluciones...*, *op. cit.*, p. 12.

9 *Ibid.*, p. 25.

les disciplinas de la metafísica (la Ontología y la Gnoseología): ¿qué es lo que hay? y ¿cómo sabemos lo que hay? De la naturaleza de las entidades postuladas dependerá subsiguientemente el o los tipos de relaciones posibles entre ellas y, de ello, las técnicas y medios posibles de investigación¹⁰.

De aquí que los *compromisos ontológicos* sean no sólo una cuestión previa en el tiempo, sino determinante en el curso y alcance de la investigación científica (primacía que ya notaba también el célebre monje franciscano del siglo XIV Guillermo de Occam). Por ello Kuhn los llama “compromisos básicos” o “compromisos profesionales” (en la medida que son “cuadros conceptuales” previamente establecidos en la educación profesional del científico). No obstante, Kuhn ve en ellos un carácter “suposicional” y un “elemento de arbitrariedad” en tanto que no son objeto de verificación empírica o demostración teórica.

Si bien Kuhn ve la importancia de los “compromisos metafísicos”, no ve la validez racional de los debates filosóficos, ni distingue diferentes criterios y niveles de demostración y/o evidencia (o “mostración”, diría Aristóteles) metateóricos, basados en sistemas de evidencias culturales, irreductibles a demostraciones inferenciales o empíricas.

De ahí que Kuhn vea “un elemento de arbitrariedad” en los compromisos ontológicos sobre los que se construyen las teorías científicas. Pero los debates filosóficos no son arbitrarios ni “sin sentido”, como dogmática y equivocadamente pensó el empirismo, prejuicio dañino que todavía no cesa de tener efectos incluso en mentes brillantes como la de Kuhn.

Paradójicamente, sin embargo, el propio Kuhn ha mostrado que las grandes revoluciones científicas no son hechos arbitrarios o caprichosos, sujetos a experiencias sorpresivas y teorías inconmensurables entre sí. Detrás de la apariencia de desarrollo arbitrario subyace una cierta estructura conceptual paradigmática—no de naturaleza inmutable y eterna como los paradigmas platónicos—sujeta a cierta dinámica periódica que él clasifica en períodos de “ciencia normal”, períodos de “crisis” y períodos de “revoluciones científicas”. El paso de uno a otro período vendría entonces caracterizado por una cierta “estructura de las revoluciones científicas” que consiste en el establecimiento o cambio “del conjunto de compromisos” paradigmáticos.

En última instancia las “revoluciones científicas” se pueden resumir en el establecimiento de “un nuevo conjunto de compromisos”. De igual manera, los períodos de ciencia normal pueden ser definidos en la medida que sus compromisos metafísicos establecen con claridad los límites y sugieren los

10 Cf. Aristóteles; *Metafísica*, *op. cit.*, vol. 1, libro III, pp. 97-149.

alcances y horizontes especulativos interesantes, las modas inaceptables, los experimentos rechazables, los resultados atrevidos, etcétera.

Por tanto, llamamos “compromisos ontológicos” a lo que Kuhn denomina “compromisos básicos” o “profesionales”, porque ellos –según Kuhn– “... no sólo especifican qué tipos de entidades contiene el universo, sino también, por implicación, las que no contiene”¹¹. Rigurosamente hablando, diferenciar qué es lo que existe y lo que no existe es una decisión ontológica y su resultado es un compromiso ontológico.

Estructura logico-semántica de las revoluciones

Esta revolución en la filosofía e historia de la ciencia realizada por Kuhn a comienzos de los años sesenta, fue posible en la medida que previamente se rompió la conocida y casi escolástica distinción analítica positivista del conocimiento científico entre “el contexto del descubrimiento” y el “contexto de la justificación”. Mediante esta distinción dogmática se pretendió desalojar y trazar una muralla china entre las teorías científicas (reducidas a su formalismo y a sus enunciados observables) y el entorno cultural que las producía, considerado como “externo”, arbitrario y teóricamente irrelevante para el análisis filosófico de las estructuras lógico-semánticas de las teorías científicas. Esta distinción es, por supuesto, artificial y convertida en criterio epistemológico, es paradójica y absurda.

Esta historia no comenzó con Kuhn. En realidad la distinción mencionada es parte de toda una concepción filosófica de la ciencia iniciada con el mundo moderno, que buscó negar o hacer irrelevante cualquier compromiso ontológico de la ciencia, tarea que en la larga historia de la filosofía de la ciencia ha sido una y otra vez asumida por el instrumentalismo, el fenomenalismo, el convencionalismo, entre otros.

Dicha concepción se basó a su vez en un dogma metafísico previo que supone que todos nuestros juicios posibles y con sentido pueden distinguirse en dos clases: analíticos o sintéticos. Ciertamente, esta distinción en sí misma puede remontarse a Leibniz, Hume o Kant, y hasta cierto punto es sensata, pero como “guillotina epistemológica” es un dogma característico y distintivo del empirismo moderno¹².

11 Kuhn, T.S.; *Estructura de...*, op. cit., p. 19.

12 “Las proposiciones (con sentido) se dividen en las siguientes clases: ... las proposiciones que son verdaderas exclusivamente por su forma (‘tautologías’, de acuerdo con Witt-

Como bien lo reconoce Kuhn en el *Prefacio* de la obra citada, “W. V. O. Quine me presentó los problemas filosóficos relativos a la distinción analítico sintética”¹³. Los dos ya legendarios ensayos del lógico-matemático y filósofo norteamericano “Acerca de lo que hay” (publicado en 1948 en la *Review of Metaphysics*) y “Dos dogmas del empirismo” (publicado en 1951 en la *Philosophical Review*), fueron reunidos finalmente con otros artículos en *Desde un punto de vista lógico*¹⁴.

Según Quine,

El empirismo moderno ha sido en gran parte condicionado por dos dogmas. Uno de ellos es la creencia en cierta distinción fundamental entre verdades que son analíticas, basadas en significaciones, con independencia de consideraciones fácticas, y verdades que son *sintéticas*, basadas en los hechos. El otro dogma es el *reductivismo*, la creencia de que todo enunciado que tenga sentido es equivalente a alguna construcción lógica basada en términos que refieren a la experiencia inmediata. Voy a sostener que ambos dogmas están mal fundados. Una consecuencia de su abandono es, como veremos, que se desdibuja la frontera que se supone trazada entre la metafísica especulativa y la ciencia natural...¹⁵.

Si bien suscribo *ad pedem litterae* la primera consecuencia, pondría serios reparos –o mejor dicho serios *límites*– a lo que correctamente Jaakko Hintikka ha llamado un criterio exclusivamente conductista de traducción radical¹⁶, que sugiere implicaciones demasiado irrestrictas o extensas del compromiso óntico del lenguaje (“ser es ser un valor de una variable liga-

genstein y que corresponden aproximadamente a los ‘juicios analíticos’ de Kant); éstas no dicen nada acerca de la realidad. Las fórmulas de la Lógica y de la matemática pertenecen a esta clase... En segundo término, existen las formas inversas de tales proposiciones (‘contradicciones’). Estas son contradictorias y por consiguiente falsas por virtud de su forma. Para todas las demás proposiciones, la decisión sobre su verdad o falsedad reside en las proposiciones protocolares, por lo que son ‘proposiciones empíricas’ (verdaderas o falsas) y pertenecen al dominio de la ciencia empírica. Cualquier proposición que se deseara construir y que no encajara en ninguna de estas clases devendría automáticamente sin-sentido, lo que inevitablemente se produce son pseudoproposiciones”. Carnap, Rudolf; *La superación de la metafísica por medio del análisis lógico del lenguaje*. México, 1961, UNAM, p. 472.

13 Kuhn, T.S.; *La estructura de...*, op. cit., p. 11.

14 W.V.O. Quine; *Desde un punto de vista lógico*. Barcelona, 1962, Ariel, pp. 25-81.

15 Op. cit., p. 49.

16 Cf. Jaakko Hintikka; *Lógica, juegos de lenguaje e información*. Madrid, 1976, Tecnos, pp. 117-119.

da”), dando lugar a la existencia de ciertas entidades *potencial o lógicamente* posibles pero no necesariamente reales. En muchos casos el lenguaje incluye objetos susceptibles de ser encontrados por nuestra actividad de buscar o interrogar, pero no de “existencia aseverada”, como bien ha distinguido Alonso Church. De lo contrario, los dioses de Homero pasarían a tener el mismo estatus ontológico que el de los objetos físicos, como de hecho concluyó Quine. Una cosa es “ser tolerante y tener espíritu experimental”, y otra es sugerir que ambos son igualmente “mitos”¹⁷.

Quizás, una vez más, no se trate de un problema resoluble desde un punto de vista estrictamente lógico, en la medida que no es demostrable teórica o empíricamente sino que está sujeto a “evidencias culturales” que requieren un debate y solución filosófica de naturaleza global u holística moderada, en un sentido casi conjuntista del término.

Vale también la pena añadir que el segundo dogma positivista, el reduccionismo, se basa en realidad en la ontología del *atomismo lógico*, es decir “en la suposición de que todo enunciado, aislado de sus compañeros, puede tener confirmación o invalidación”¹⁸ individual, es decir, una teoría del significado no contextual. Esta es, evidentemente, una creencia circular.

Pero Quine no sólo ha demostrado que “las cuestiones ontológicas van de par con las científico-naturales”¹⁹, sino también que el fenomenismo es una construcción más artificiosa que el sentido común (y no una “economía del pensamiento”, como pensaba Mach) y que es un sinsentido²⁰.

Más aún, cuando se pretende “desontologizar” el lenguaje científico es casi inevitable —según Quine— la confusión entre signo y objeto²¹, lo cual elimina todo criterio de “distinción entre una reificación irresponsable y su contrario”²². Esto es así porque la ambigüedad y la opacidad de la significación y referencia lingüística constituyen características de las palabras, de las sentencias, de la sintaxis y del alcance del lenguaje en general²³. Por ello, el “compromiso ontológico” se basa en la “pragmática del lenguaje” y no en la lógica pura, y sólo lo reconocemos en nuestro uso mediante un “ascenso semántico”²⁴.

17 *Ibid.*, p. 47.

18 Quine; *Desde un punto..., op. cit.*, p. 75.

19 *Ibid.*, p. 80.

20 Quine, W.V.O.; *Palabra y objeto*. Barcelona, 1968, Labor, pp. 15-19.

21 *Ibid.*, p. 128.

22 *Ibid.*, p. 131.

23 *Ibid.*, pp. 137-166.

24 *Ibid.*, pp. 279-284; ver también W.V.O. Quine; *Filosofía de la lógica*. Madrid, 1973, Alianza Universidad, cap. I.

Apéndice II

Los orígenes del capitalismo y los discursos filosóficos de la modernidad²⁵

SE HA CONVERTIDO CASI EN UN LUGAR COMÚN hablar hoy de “la modernidad” como si se tratara de una entidad discursiva homogénea, con perfiles teóricos claramente definidos.

Esto obedece en algunos casos a la simple superficialidad. En otros, a viejas tradiciones especulativas y omnicomprendivas del mundo germánico o del racionalismo francés, que gustan de buscar la unidad filosófica de la historia y del mundo a partir de la punta de un lápiz.

El objetivo de estas imágenes monolíticas apunta a “demostrar” tesis aparentemente antagónicas. Algunas veces, decretar filosóficamente el “fin de la modernidad” y el inicio actual de la era “posmoderna”. Otras veces, algo así como la eternidad del inagotable proyecto moderno (una suerte de eterno “proyecto inacabado”) con el cual hemos llegado en realidad al “fin de la historia”. Felizmente la historia no se deduce de principios o periodi-

25 Este texto fue originalmente escrito y publicado en noviembre de 1993 como Introducción al segundo tomo de una *Antología* sobre filosofía moderna y contemporánea editada por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Posteriormente he introducido numerosas modificaciones y recortes. Creo que esta es la versión definitiva.

zaciones filosóficas apriorísticas, sino que ellos mismos son producto de diversos momentos del relato histórico.

En tal sentido, baste la lectura de la presente antología para percibir que la modernidad no es “un solo discurso filosófico” cuya evolución es linealmente deducible a partir de “un principio”. Es tal vez, muchos discursos o semi-discursos interrumpidos por antinomias, entrecruzados por ontologías divergentes y en muchos aspectos, acumulación de discursos históricamente premodernos reactualizados o “modernizados”.

Esto hace que los alcances, combinaciones y límites de dichos discursos no sean transparentes en sí mismos, como en general el lenguaje mismo no lo es; de lo contrario, no existirían problemas de interpretación en disputa, y bastaría con tomarlos *ad pedem litterae*.

Hay pues que empezar buscando el significado histórico de los discursos filosóficos en los contextos extralingüísticos, que son los que marcan el alcance y los límites, la evolución y la relevancia, la continuidad o la ruptura de dichos discursos en el debate filosófico.

Tal comienzo es condición necesaria (aunque no suficiente), porque las expresiones filosóficas, como en general las diversas expresiones ideológicas “no pueden comprenderse por sí mismas, ni por la llamada evolución general del espíritu humano, sino que, por el contrario, tienen sus raíces en las condiciones materiales de vida... y del mismo modo que no podemos juzgar a un individuo por lo que él piensa de sí, no podemos juzgar tampoco a estas épocas de conmoción por su conciencia. Por el contrario, hay que explicarse esta conciencia por las contradicciones de la vida material...”²⁶

En dicho sentido, el objeto de este apéndice es reseñar algunas características de la vida material que condicionaron y prepararon históricamente el nacimiento y evolución de la llamada filosofía moderna, que de manera gruesa se puede decir que abarca desde fines del siglo XV hasta fines del siglo XVIII.

Como en toda periodización histórica gruesa, hay en esto mucho de relativo y convencional. La historia no se desenvuelve por compartimentos estancos, pero tampoco es una línea ininterrumpida, y no es del todo arbitrario situar el origen de los discursos modernos en aquel período que los franceses llaman *Renacimiento*, los italianos *Quinquecento*, y los alemanes *la Reforma*. Tampoco lo es, señalar su punto culminante en el período que los

26 Marx, Carlos; *Contribución a la crítica de la economía política*. Buenos Aires, 1973, Ediciones Estudio, Prefacio, pp. 8-9.

franceses realizaron la gran revolución política y los ingleses iniciaron la gran revolución industrial. Es decir, proponemos entender el proceso de emergencia de la modernidad como un tránsito entre la desintegración del mundo feudal y la consolidación del régimen capitalista que hoy vivimos.

Como es obvio, no proponemos una línea estricta de delimitación a los contornos históricos de la modernidad. Estamos tratando de entender simplemente un período de transición que aproximadamente dura tres siglos. Larga duración que es al mismo tiempo causa y efecto de un entrecruzamiento y disputa de fuerzas económicas, sociales, políticas y de discursos teóricos y filosóficos que no pueden ser fácilmente homogeneizados en un solo principio teórico, ni tampoco disueltos en una simple sucesión de hechos sin unidad ni continuidad.

Asimismo, sólo a partir de este proceso histórico global podremos entender también los diversos momentos de crítica de la modernidad burguesa (que revertirán la tendencia de los tres siglos anteriores) que se inician en el siglo XIX respecto de las instituciones económicas, sociales y políticas y de los discursos filosóficos que la forjaron; desde Hegel y Marx, pasando por Husserl, Wittgenstein y Sartre en nuestro siglo XX, hasta nuestros “novísimos” posmodernos.

Se trata de un proceso de crítica filosófica del cual aún somos parte y en cuyo agotamiento no es razonable pensar en el próximo siglo, salvo que supongamos algo así como un profético “fin de la historia” o “juicio final”, o una alternativa más grotesca –pero tal vez más verosímil– como la extinción completa de la humanidad por una hecatombe nuclear o ecológica.

Sujetos e instituciones

Desde un esquemático punto de vista económico, el surgimiento de la modernidad va a estar caracterizado por el auge de la producción manufacturera. Una suerte de estadio intermedio entre la pequeña producción artesanal de la época medioeval (dominante hasta la gran expansión comercial de fines del siglo XIV) y la gran producción industrial que arranca a fines del siglo XVIII.

El terreno político va a estar en términos generales caracterizado por la emergencia de las monarquías absolutas. Algo parecido a una forma política de transición entre los pequeños y disgregados estados feudales y las modernas repúblicas burguesas elevadas sobre la consolidación de un mercado interno.

Se vive un período en el que la burguesía no es aún económica y socialmente lo bastante fuerte como para tomar íntegramente el poder político, pero el deterioro creciente de la economía feudal ante el empuje comercial, va a ir transformado lentamente la casta feudal en una aristocracia palaciega parasitaria, que si bien preserva los derechos de propiedad de la tierra (garantizados por el poder monárquico central), al ser desarraigada de su control local, verá derrumbarse progresivamente el sinfín de barreras políticas y aduaneras que dividían Europa en múltiples condados, ducados, marquesados etcétera, que impedían la integración económica y política de las nascentes entidades nacionales.

En el curso de su ascenso, la burguesía va a ir probando y perfeccionando sucesivamente todas las modalidades económicas, políticas e ideológicas posibles; todas las tácticas y las estrategias que le imponen las circunstancias,

...para asentar su fortuna y su poder, se apoya sucesiva o simultáneamente en el comercio, en la usura, en el comercio a larga distancia, en el 'cargos' administrativo y en la tierra, valor seguro y que, por añadidura... confiere un evidente prestigio de cara a la misma sociedad. Si atendemos a estas largas cadenas familiares y a la lenta acumulación de patrimonios y honores, el paso en Europa del régimen feudal al régimen capitalista se hace casi comprensible...²⁷

De la misma manera, en el orden político, el ascenso burgués pasará por sucesivas o simultáneas alternativas

...vivirá como un parásito dentro de esta clase privilegiada, cerca de ella, contra ella y aprovechándose de sus errores, de su lujo, de su ociosidad y de su falta de previsión, para acabar apoderándose de sus bienes... y para infiltrar finalmente en sus filas y perderse en ellas. Pero hay otros burgueses para reanudar el asalto, para reemprender la misma lucha... su ascensión fue lenta, paciente, traspasándose sin cesar la ambición a hijos y nietos²⁸.

Los orígenes históricos inmediatos de este desarrollo pueden remontarse hasta la misma edad media y son de una complejidad que describirlos desbordaría los márgenes del presente apéndice. No obstante, dos hechos

27 Braudel, Fernand; *La dinámica del capitalismo*. Madrid, 1985, Alianza Editorial, p. 82.

28 *Ibidem*, p. 83. Ver también del mismo autor: *Civilización material, economía y capitalismo, siglos XV-XVIII*. Madrid, 1984, Alianza Editorial, Tomo II, Cap. 5, pp. 397-447.

históricos significativos pueden resumir, por sus consecuencias, el hilo conductor de la transformación del feudalismo al capitalismo. El primero de ellos lo constituyó el desarrollo de las cruzadas, y el segundo fue el descubrimiento de América. Puede parecer una de las tantas ironías históricas el que las Cruzadas —que fueran impulsadas y organizadas por la Iglesia Católica y la casta feudal para defender el viejo régimen contra el asedio comercial y político musulmán— terminaran sirviendo finalmente a los intereses de una naciente burguesía usurera y artesanal que pululaba en los alrededores del castillo feudal desde el siglo XI.

En efecto, la preparación, formación y puesta en práctica de esta “guerra sagrada” llevó a gran parte de la feudalidad y en algunos casos a la propia Iglesia Romana a tener que recurrir a prestamistas y usureros, tan largamente condenados y perseguidos por la doctrina católica. La vieja condena católica al préstamo con interés no había sido una cuestión de menor cuantía, sino que era una defensa necesaria de la propiedad de la tierra, amenazada por los usureros en cada mala cosecha.

Más aún, tal como señala Pirenne, en el mundo medievo la Iglesia no era solamente la principal institución moral sino también económica; era una de las principales poseedoras de tierras y recursos financieros: “...sus innumerables dominios son tan superiores a los de la nobleza por su extensión, como ella misma es superior a la nobleza por su instrucción”²⁹.

Esta relación cambia radicalmente con el desarrollo de las Cruzadas, “Las Cruzadas, al extender las relaciones con los países de Oriente y provocar así un gran movimiento comercial, permitió a los genoveses, los pisanos y sobre todo a los venecianos, acumular grandes capitales”³⁰.

La expansión comercial que siguió a las Cruzadas hizo florecer la primera fase histórica del capitalismo: el capitalismo usurero y comercial en las regiones itálicas y germánicas, que al igual que en la antigüedad clásica, se encontraron geográficamente vinculadas a las viejas rutas comerciales con Oriente. Se irá creando con ello lenta pero implacablemente la base social de la reforma protestante en Alemania; luego los estados independientes de Florencia, Venecia y otros que desafiarían el poder político del Vaticano, y finalmente, la base para la unificación ibérica bajo el mando de Castilla.

29 Pirenne, Henri; *Historia económica y social de la edad media*. México, 1963, Fondo de Cultura Económica, pp. 10-18.

30 See, Henri; *Orígenes del capitalismo moderno*. México, 1961, Fondo de Cultura Económica, p. 10.

Este primer ascenso de la burguesía comercial europea de mercaderes y usureros mediterráneos llegará a su límite más alto con el descubrimiento de América. "...con el descubrimiento de América viene un cambio fundamental. El eje comercial se desplaza al Atlántico, viene la decadencia de Italia (de las ciudades italianas mejor dicho) y de Alemania; y surgen las grandes potencias marítimas: Portugal, España, Holanda e Inglaterra. Es interesante advertir que, fuera de Flandes, ninguna de estas regiones posee industria manufacturera"³¹.

A la apertura de las rutas comerciales atlánticas, le sigue el descubrimiento de los yacimientos de oro y plata andinos, el consecuente saqueo colonial y la esclavización masiva de las poblaciones nativas de África y Sud América, que dieron un impulso revolucionario a la acumulación primitiva capitalista europea, tan sarcásticamente descrita por Marx a final del primer tomo de *El Capital*³².

Si el desplazamiento del eje comercial hacia occidente marcó el comienzo del fin de la hegemonía mediterránea, excluyó también del liderazgo a los desperdigados y pequeños estados independientes (italianos y alemanes) ofreciendo mayores posibilidades a aquellos estados grandes y centralizados, capaces de asumir con mayor fuerza una empresa comercial de magnitudes muy por encima de las posibilidades de una pequeña ciudad aislada. La era de la centralización y unificación nacional había comenzado. España apareció coyunturalmente como primera potencia mundial, porque fue capaz de unificar con celeridad a los pequeños reinos ibéricos bajo el mando de Castilla.

No obstante, la unificación política española no estuvo respaldada por una base social adecuada para la empresa de acumulación primitiva capitalista que la nueva situación ofrecía. La pequeña producción artesanal, entrelazada con sólidas corporaciones feudales y atada a la gran propiedad de la tierra que los reyes de Castilla tuvieron que preservar como condición para la unificación española con la infinidad de poderes y reinos locales en función de las necesidades políticas y militares que planteó la guerra con los musulmanes, se convirtieron finalmente en una traba absoluta para el desarrollo manufacturero.

Por esta circunstancia, la unificación española implicó un inmenso y costoso aparato burocrático estatal que consumió la riqueza obtenida tan

31 Labastida, Jaime; *Producción y sociedad de Descartes a Marx*. México, 1980, Siglo XXI editores, p. 63.

32 Marx, Carlos; *El capital*. México, 1971, Fondo de Cultura Económica (traducción de Wenceslao Roces). Tomo I, Caps. XXIV y XXV, pp. 607-658.

rápidamente como la saqueo de América, y finalmente sirvió para beneficiar a Holanda e Inglaterra (y en cierto modo a Francia) en donde dicho capital sí encontró una base adecuada para un desarrollo manufacturero, forma productiva central que va a tener lugar en esta segunda fase histórica preindustrial del capitalismo europeo.

Fueron estas condiciones materiales favorables las que permitieron a las Provincias Unidas de los Países Bajos aglutinarse y lograr su independencia de España en la guerra de los treinta años. Sus burguesías comerciales y usureras se aliaron con sectores locales de la aristocracia terrateniente, produciendo la forma política transitoria de monarquías. Dichas monarquías, bajo maneras y ritmos diversos, reflejaron con nitidez este período de transición entre los regímenes políticos feudales y las modernas repúblicas democrático-burguesas de fines del siglo XVIII, y de hecho constituyeron los cimientos sobre los que se montaría la futura nación burguesa moderna.

El capitalista comercial que se inició a finales del medioevo como un mero intermediario entre el artesano independiente y el mercado de compradores, con la expansión comercial, el subsiguiente aumento de la masa monetaria y su creciente propiedad sobre el crédito disponible comienza a romper y minar sistemáticamente la independencia del pequeño productor.

Unas veces haciéndolos quebrar y otras obligándolos a fusionarse en un mismo taller, quebrando las viejas corporaciones artesanales, reuniendo en una sola planta y bajo un solo mando los más diversos oficios, se comienza a crear un sistema de producción en cadena, donde cada artesano sólo desempeña un trabajo parcial, con la consecuente elevación de la productividad del trabajo requerida por un mercado nacional y mundial en expansión. Tal es la esencia de la revolución técnica manufacturera.

Hombres y máquinas

El resultado del auge manufacturero es sumamente paradójico. Por un lado, el artesano pierde su independencia y disgregación, es centralizado como asalariado en un solo taller y bajo un solo mando; y, por otro lado, la producción en cadena disgrega y parcela el trabajo artesanal, convirtiendo cada oficio y a cada trabajador en sólo una pieza parcial de la gran maquinaria humana manufacturera.

No obstante, el trabajo manual y la habilidad del artesano siguen siendo el centro de la producción; todavía no lo es la máquina-instrumento

del período o fase industrial del capitalismo. Aún se trata de una “máquina humana”.

Precisamente en este aspecto es donde reside la contradicción más importante del período manufacturero, pues la producción depende todavía íntegramente del trabajo manual, vale decir del hombre. Y el naciente sistema asalariado engendra en éste una resistencia natural a toda producción de excedente; el hombre ya no disfruta del producto íntegro de su trabajo —como el artesano independiente— y desarrolla una resistencia sistemática a cualquier intento de violentar la intensidad del trabajo por parte del capitalista y constituye por tanto siempre un freno natural y social a todo intento de aumentar la productividad del trabajo intensificando su resistencia física.

Más aún, la existencia extendida de un régimen de servidumbre feudal ata a la mayoría de la población al campo, lo cual impide aumentar la producción con el uso extensivo de la mano de obra como se ofreció en el esclavismo, creando otro obstáculo a la expansión capitalista urbana y rural.

En consecuencia, las condiciones de producción heredadas del viejo régimen feudal requieren una profunda revolución, tanto en el orden social —en lo que respecta a la propiedad de la tierra y la liberación de la mano de obra de la servidumbre— como también en las condiciones técnicas de producción, que posibiliten “intensificar sin límite” la productividad del trabajo que la resistencia natural y social humana no permite.

La máquina no fue ciertamente una invención del capitalismo. De hecho, la modernidad heredó del mundo antiguo (griegos, egipcios y persas) la palanca y el plano inclinado, la rueda, la tuerca y el tornillo sin fin, el arado de hierro, el yugo y la carreta, así como la rueda hidráulica y el molino de viento desarrollado por los árabes.

Lo novedoso y específico del capitalismo moderno va a constituir la aplicación masiva y sistemática de la máquina a la producción, urgido por la necesaria elevación de la productividad del trabajo frente a un mercado en expansión (que no existió en el medioevo) y por una escasez de mano de obra atada a las relaciones de servidumbre feudal y a las corporaciones artesanales (inexistente en la antigüedad clásica esclavista). Se trataba pues de algo más que la máquina misma; se trataba de toda una racionalidad social engendrada por las condiciones específicas de la propia evolución social.

No obstante, si bien la manufactura modificó el trabajo artesanal (lo centralizó y lo parceló) con la producción en cadena, no lo eliminó de raíz, pues la habilidad manual seguía siendo el centro del proceso productivo. Además de la resistencia natural, el hombre es una herramienta de trabajo mecánico muy imperfecta para efectuar un movimiento continuo en forma

ininterrumpida y uniforme; se agota y se resiste a la prolongación indefinida de la jornada de trabajo, tiene hambre, necesita descanso, hace huelgas, etcétera. Es en estas condiciones que se hace irresistible la necesidad de un aparato mecánico que ejecute en forma constante y natural las operaciones del artesano.

Ya en la Antigüedad se había recurrido a la manipulación de otras fuerzas naturales no humanas para la realización de ciertos trabajos, sea de otros animales más fuertes o veloces, el viento o las caídas de las aguas. Inclusive es probable que los griegos conocieran el poder del vapor y de la pólvora, pero éstos fueron utilizados mayormente para la guerra o los fuegos artificiales de los actos conmemorativos y muy eventualmente en el trabajo productivo.

Es recién el período manufacturero el que crea no sólo las condiciones sociales sino también técnicas que posibilitaron un despegue significativo de la inventiva mecánica. En primer lugar un número masivo de artesanos hábiles para la aplicación de la inventiva mecánica y un taller capaz de concentrarlos, socializar y combinar la multiplicidad de inventivas personales en escala masiva. De hecho, las primeras máquinas fueron producidas por artesanos manufactureros.

Pero la magnitud alcanzada por la producción social en el siglo XVII desbordaba ampliamente los marcos del artesano. Ya no se trataba de inventar herramientas de uso individual, lo que a su vez sobrepasaba el ingenio del empírico y las máquinas que se requerían exigían un nuevo nivel teórico acerca de las fuerzas naturales disponibles a ser utilizadas, esto es, una verdadera revolución teórica en el conjunto de conocimientos alcanzados hasta entonces sobre la naturaleza.

Por ejemplo, la transformación de la hilandería del pedal en la mecánica hubiera sido imposible con los meros conocimientos empíricos, pues requirió el manejo de un conjunto de conocimientos mecánicos y químicos, imposibles de alcanzar a partir de la experiencia y habilidad artesanal acumulada.

Igualmente esto se percibía en las implicancias inmediatas de cualquier innovación técnica en la producción. Ésta exigía de inmediato una transformación en los medios de locomoción y transporte que permitieran no sólo recibir grandes masas de materias primas, sino también enviar grandes masas de productos finales hacia otros lugares de destino. Ello implicó la transformación de los barcos de remo en barcos de vela y a su vez la transformación de los conocimientos marítimos, geográficos, astronómicos, entre otros. Se trataba pues de generar un inmenso movimiento de cultura humana.

Una revolución teórica del discurso

En consecuencia, la revolución industrial no podía partir de un simple desarrollo gradual y espontáneo del trabajo empírico artesanal, sino requería de toda una revolución teórica y filosófica que a lo largo de los siglos XVII y XVIII fue el verdadero laboratorio conceptual en el que se preparó el triunfo de la revolución burguesa. La crítica de las armas fue decisivamente preparada con las armas de la crítica.

Con mucha agudeza, Galileo insistió múltiples veces en la naturaleza totalmente distinta y abismal que separaba la vía "teórica" con la que él llegaba a sus descubrimientos, de la vía empírica y azarosa de un artesano. A propósito del descubrimiento del telescopio, él escribió lo siguiente:

Hace aproximadamente diez meses llegó a nuestros oídos la noticia de que había sido construido por cierto flamenco, un antejo gracias al cual los objetos visibles, aunque estuvieran muy distantes del ojo del observador, se veían claramente como si estuvieran próximos... y fue causa de que me dedicase totalmente a indagar las razones y a buscar los medios para llegar a la invención de un instrumento semejante, cosa que conseguí poco después basándome en la *doctrina de las refracciones* (...) sería completamente superfluo decir cuántas y cuáles son las ventajas de un instrumento semejante, tanto para las observaciones en la tierra como en el mar³³.

Galileo volvió nuevamente a enfatizar la diferencia e importancia decisiva que tenía la "vía discursiva" de investigación con respecto a los métodos artesanales heredados del pasado en una obra posterior:

...porque en éste puede tener muchísima parte el azar, mientras que aquel es *todo obra del discurso*: y nosotros estamos ahora seguros que el holandés, primer inventor del telescopio, era un simple fabricante de antejos corrientes, que, al manejar casualmente vidrios de más variedades, por casualidad miró al mismo tiempo a través de dos, uno convexo y el otro cóncavo, puestos a diferentes distancias del ojo, y de esta manera vio y observó el efecto

33 Galilei, Galileo; *La gaceta sideral* (Sidereus nuncius). Madrid, 1984. Alianza Editorial (traducción e introducción de Carlos Solís), p. 38. Ver también: *Galileo*. Buenos Aires, 1967, Centro Editor de América Latina S.A. (selección de textos y estudio preliminar de José Babini), pp. 13-17, (s.n.).

que se producía, y descubrió el instrumento. Pero yo, movido por dicha noticia, descubrí lo mismo por vía discursiva...³⁴.

Más aún, el problema se presentaba no sólo en la fabricación de máquinas, libradas a la eventual inventiva artesanal, sino en la necesidad de la fabricación masiva de éstas. Ello exigía el desarrollo de métodos mecánicos que permitieran la fabricación sistemática de maquinaria, lo cual requería de toda una revolución en el lenguaje y los métodos empíricos de conocimiento.

La Mecánica teórica va a requerir por ello, para comprender el funcionamiento abstracto de una máquina, una simbología capaz de representar en forma exacta el movimiento de las barras, planchas, rodajes, cilindros y conos; un lenguaje como el de la geometría, en el que éstas sean representadas por rectas, planos, círculos, cilindros, triángulos; es decir un método geométrico que, como afirmara Galileo, permitiera leer con fidelidad mecánico-algorítmica "el libro de la naturaleza".

Las sociedades antiguas, como ya hemos señalado, no sintieron socialmente tal necesidad técnica, pues el sistema de trabajo esclavista, basado en el uso extensivo de la mano de obra (abundante y barata), no requería aumentar la producción por métodos mecánicos, salvo en el caso de la guerra, principal forma social de recolectar trabajo esclavo: "Se diría que entonces no existían problemas que impulsasen la inteligencia de los griegos por la vía del desarrollo de las máquinas, salvo en el dominio de la guerra"³⁵. Pero ello sólo aumentaba el costoso aparato burocrático-militar central sobre el campo, en un círculo vicioso que asfixiaba la producción agraria.

La caída histórica del último gran imperio esclavista de la antigüedad, el Imperio Romano, fue consecuencia de una larga rebelión desde el campo que finalmente desembocó en la única salida posible que fue el autarquismo agrario que se desarrolló con el período feudal.

La vida económica y política medioeval implicó por ello la total disgregación de Europa en pequeñas unidades agrícolas bajo el mando directo de los señores feudales locales. Inclusive el célebre Imperio Carolingio no tuvo en modo alguno las características de los imperios antiguos. Fue en los hechos una federación de señores feudales con el objetivo concreto de detener

34 Galilei, Galileo; *El Ensayador* (Il saggiatore). Madrid, 1984, SARPE (traducción de José Manuel Revuelta). Ver también: *Galileo, op. cit.*, pp. 149-154.

35 Forbes, R.J.; *Historia de la técnica*. México, Fondo de Cultura Económica, p. 71.

la invasión musulmana; jamás se interesó en disputar a los musulmanes el dominio del mar, y luego de la victoria de Poitiers, lo que se consolidó no fue el poder central, sino la infinidad de núcleos económicos autónomos y comercialmente autárquicos unos de otros. Como señala Pirenne:

En el curso del S. VIII, los mercaderes desaparecieron a consecuencia de la interrupción del comercio, la vida urbana que perduraba gracias a ellos, se derrumbó al mismo tiempo... los obispos conservaban en ellas sus residencias y reunían a su alrededor un clero numeroso; pero perdieron todo significado económico³⁶.

Esta situación creó en el feudalismo tardío ciertas condiciones sociales y económicas para un lento desarrollo de la técnica agrícola artesanal en beneficio del tiempo libre del feudatario, o de cierto excedente para un circuito comercial local. En este contexto se mejora la tracción animal con el uso del caballo, al que se le coloca la herradura, se inician los molinos hidráulicos que aprovechan tal o cual caída de agua en algunas regiones quebradas, así como el desarrollo creciente de los molinos de viento, particularmente en las zonas azotadas por los vientos de la costa atlántica como Holanda.

Esto dio a dicha zona una base artesanal importantísima para la familiarización con la energía neumática cuando posteriormente se produciría la expansión comercial, pues permitió trasladar sus resultados a la navegación al reemplazar los viejos barcos a remo heredados de la antigüedad clásica (los famosos trirremes atenienses) por los barcos a vela, que no sólo ahorran en tripulación sino que ganaron en velocidad.

El desarrollo naval no trajo únicamente la brújula, sino que impulsó la relojería y el renacimiento de la astronomía, como instrumentos necesarios para reducir los riesgos y ampliar el radio de acción de los barcos, cuando el reto de las rutas atlánticas obligó al comercio a aventurarse hacia altamar, para romper primero el bloqueo musulmán de las viejas rutas mediterráneas hacia Oriente y luego en abierta competencia con España y Portugal en la explotación de América.

No fue entonces solamente la base geográfica, sino también la base artesanal forjada desde el medioevo en la región de Holanda e Inglaterra particularmente, la que creó condiciones excepcionales para el desarrollo técnico y teórico de dos expresiones fundamentales del movimiento mecánico: la astro-

36 Pirenne, Henri: *Historia económica y...*, *op. cit.*, p. 1.

nomía (estrechamente vinculada al estudio teórico de la óptica) y la relojería, claves a su vez en la previsión y estimación de las longitudes geográficas, en la elaboración de cartas de viaje y mapas. Tal como señala J.O. Bernal, “el estudio del movimiento de las estrellas adquirió entonces valor económico”³⁷.

En consecuencia, fue la confluencia de la expansión comercial y la base técnica alcanzada en las prensas hidráulicas (el uso de energía hidráulica) y los molinos de viento y su transferencia a la industria naval y a la minería, lo que permitió a las nacientes burguesías usureras y comerciales de Flandes e Inglaterra pasar con relativa celeridad del capitalismo comercial al capitalismo manufacturero, y forjar en este período no sólo la acumulación económica primitiva capitalista sino también la acumulación de conocimientos técnicos y teóricos que prepararían la gran revolución industrial y política burguesa de fines del siglo XVIII.

La “Filosofía Natural” como arma de la revolución

El desarrollo burgués chocó con grandes trabas. En primer lugar, con una población mayoritariamente atada al campo por las relaciones de servidumbre, y una mano de obra urbana atada igualmente a las corporaciones y cofradías artesanales heredadas del medievo que al asegurar la subsistencia dependiente del individuo oponían una gran resistencia al sistema de trabajo asalariado.

Igualmente el desarrollo comercial chocaba con una infinidad de barreras aduaneras que provenían de los disgregados y numerosos regímenes estatales autárquicos que componían el mapa político europeo heredado del feudalismo. La evolución burguesa significaba por ello una doble tarea revolucionaria: la liberación de la fuerza de trabajo disponible por un lado y, por otro, la unificación nacional que el viejo régimen obstaculizaba en forma absoluta.

Más aún, el cuestionamiento de la propiedad feudal de la tierra y la transformación del mapa político de Europa tras la idea burguesa moderna de “nación” —cuyo objetivo era buscar la conformación de un mercado interno— afectaba profundamente la autoridad económica, política e ideológica de la principal institución feudal que se elevaba por encima de la disgregación económica y política, dando sentido, justificación y finalidad ideológica al viejo régimen: la iglesia católica romana.

37 Bernal, J.O.; *Science in history*. London, 1954, Watts and Company Ltd. p. 350.

Era necesario un profundo cuestionamiento político e ideológico que minara dicha autoridad y liberara al pensamiento científico, político y tecnológico de todo fundamento filosófico que lo sujetara al control teológico-eclesiástico, que ciertamente no veía con buenos ojos el fortalecimiento y autonomía de esta clase de vulgares y advenedizos mercaderes burgueses.

La reforma protestante fue el primer golpe decisivo que la burguesía propinó al control político e ideológico de la curia romana. Pero resultó al poco tiempo absolutamente insuficiente para fundamentar la absoluta autonomía ideológica de esta nueva clase. A fin de cuentas, el "libre examen" no cuestionaba el fundamento filosófico mismo del reinado teológico sobre el conocimiento humano y en gran parte el fanatismo sectario en que devinieron calvinistas, luteranos y demás sectas protestantes, reprodujeron bajo nuevas formas la servidumbre del conocimiento científico con respecto a la metafísica teleológica tradicional.

La necesidad de un espíritu laico completamente divorciado del control religioso en el Estado y en la ciencia requería de una nueva fundamentación filosófica laica, que los modernos van a llamar "filosofía natural", término que aunque tomado del propio Aristóteles va a tener para la modernidad la connotación de una verdadera "filosofía primera" a la que le era innecesaria una fundamentación metafísica ulterior.

Posiblemente la Universidad de Padua (donde estudiaría Copérnico y enseñaría Galileo) se había convertido ya en el siglo XVI en uno de los primeros laboratorios de irradiación ideológica de la burguesía, de su creciente espíritu laico y de su plena autonomía académica con respecto a la iglesia o la teología, cosa impensable en las antiguas universidades confesionales heredadas del medioevo, como Oxford y París, a pesar de las legendarias luchas de las órdenes mendicantes contra el papado, que constituyeron posiblemente la prehistoria de dicha independencia.

La revolución copernicana

¿Cómo y por dónde comenzó esta tarea ideológica? Fue posiblemente Copérnico quien abrió el camino a seguir en los siglos posteriores de la modernidad con la "publicación" del *Comentariolus*, su célebre opúsculo de 1514 (que tan famoso lo hizo ya en su época) acerca del movimiento de la Tierra, y es por ello tal vez con justicia que la revolución teórica iniciada en el siglo XVI lleva su nombre.

Pero no fue su hipótesis sobre el movimiento de la Tierra, encuadrada en una concepción heliocéntrica, lo que llamó la atención y escandalizó a las autoridades eclesiásticas. A fin de cuentas, ya el sistema heliocéntrico venía siendo formulado desde la antigüedad por Aristarco de Samos y los pitagóricos, sin que hubieran provocado el menor escándalo.

Lo verdaderamente irritante de la propuesta copernicana era su pretensión de convertir esta rama de la filosofía natural de hipotética –como hasta entonces se estimaba lo era toda filosofía natural– en una ciencia “demostrativa”, cerrada, independiente y autónoma de la teología. Es decir, convertirla en una filosofía “*prima*”, en la terminología aristotélico-escolástica, destronando la autoridad filosófica de la metafísica.

Precisamente en esta obra, la crítica de Copérnico a todos sus predecesores era por no haber elaborado teorías demostrativas consistentes, limitándose a formular hipótesis no teóricas sino *ad hoc* para describir determinadas apariencias. Más que “teorías” –según Copérnico– eran simples conglomerados de hipótesis, por lo que todo intento de comprensión sistemática quedaba finalmente sometido a una explicación teológica. Veamos la formulación que hace el propio Copérnico:

Observé que nuestros predecesores recurrieron a un elevado número de esferas celestes a fin, sobre todo, de poder explicar el movimiento aparente de los planetas (...) las teorías planetarias propuestas por Ptolomeo y casi todos los demás astrónomos, aunque guardaban un perfecto acuerdo con los datos numéricos parecían comportar una dificultad no menor... sólo resultaban satisfactorias al precio de tener asimismo que imaginar ciertos ecuanes en razón de los cuales el planeta (Tierra) parece moverse con una velocidad siempre uniforme, pero no con respecto a su deferente, ni tampoco con respecto a su propio centro... *una teoría de estas características no parecía ni suficientemente elaborada ni tan siquiera suficientemente acorde con la razón* (...) me preguntaba a menudo si sería posible hallar un sistema de círculos más racional (...) y por fin se me ocurrió cómo se podría resolver por recurso a construcciones mucho más sencillas y adecuadas que las tradicionalmente utilizadas, a condición únicamente de que se me concedan algunos postulados... denominados axiomas... ³⁸

38 Copérnico, Nicolás; *Breve exposición de sus hipótesis acerca de los movimientos celestes (Comentariolus)*. Madrid, 1983. Alianza Editorial (traducción, introducción y notas de Alberto Elena), pp. 25-26 (s.n.).

A continuación, y de manera que podríamos decir análoga a la revolución euclidiana, Copérnico anunció los siete axiomas que sostienen demostrativamente su teoría heliocéntrica, el séptimo de los cuales es el célebre postulado sobre el movimiento de la Tierra. Asumido este conjunto de axiomas, las contradicciones e inconsistencias desaparecen de la descripción del movimiento de los planetas, pues ahora "*puede preservarse sistemáticamente la uniformidad de los movimientos*" resultando una teoría unificada y matemáticamente demostrativa.

Con dicha formulación axiomática no necesitamos recurrir a ningún supuesto metafísico de carácter extranatural, lo que da a su hipótesis un carácter demostrativo, simple y directo: "Treinta y cuatro círculos, resultan suficientes para explicar toda la estructura del universo y toda la danza de los planetas", eliminando así las ochenta órbitas que implicaba el sistema aristotélico-ptolemaico, cuya complejidad era producto directo de los supuestos metafísico-teológicos incluidos con el objetivo de salvar las contradicciones e inconsistencias de sus explicaciones no teóricas.

Contra lo que muchos han sugerido, nos parece que el criterio de simplicidad de los círculos copernicanos, más que estético o místico-pitagórico, es en realidad un argumento a favor de la posibilidad de una filosofía natural plenamente demostrativa e independiente de toda servidumbre metafísica.

La iglesia católica no había puesto básicamente ningún reparo a la "hipótesis copernicana". Inclusive la reforma del calendario auspiciada por el papa Gregorio hizo uso sin mayor dificultad de la tesis copernicana para el cálculo orbital.

La iglesia tampoco mostró grandes objeciones a su enseñanza en las universidades hasta prácticamente 1616 (a pesar de que los ataques de diversos sectores eclesiásticos ya habían comenzado en 1613), asumiendo el compromiso explícito expresado por el prologuista de Copérnico —Andreas Osiander— en el célebre Prefacio a *De Revolutionibus*, donde afirmaba que "no hay ninguna necesidad de que estas hipótesis sean verdaderas o siquiera que se asemejen a la verdad", en abierto contraste con las afirmaciones internas del propio Copérnico.

El célebre cardenal Bellarmino (que ya había participado en el juicio contra Giordano Bruno) enfatizó posteriormente a Galileo este aspecto:

...Galileo actuará prudentemente si habla en términos hipotéticos, *ex suppositione*..., decir: explicamos mejor las apariencias suponiendo que la tierra se mueve y el sol está en reposo, que si usáramos excéntricas y epiciclos, es ha-

blar con propiedad, no hay ningún peligro en esto, y eso es todo lo que necesita el matemático³⁹.

Galileo: la gran provocación

Fue este aspecto conflictivo el que Galileo va a tomar del copernicanismo, intentando generalizar una interpretación epistemológica en el sentido que lo venimos sosteniendo, no sólo a la Astronomía, sino a todo el continente de la Filosofía Natural.

En realidad, las discusiones y polémicas que va a encarar Galileo, más que la formulación de propuestas científicas específicas, van a trascender hacia una *propuesta de cambio del paradigma de ciencia*, tanto en lo que respecta a su estructura lógico conceptual como en lo que se refiere a la ontología que subyace a su nuevo "sistema del mundo".

En un escrito redactado en 1615 durante su estadía en Roma que constituye prácticamente una respuesta a las exigencias de Bellarmino, Galileo sostiene lo siguiente:

Copérnico... procedió a considerar la hipótesis del movimiento de la tierra y de la inmovilidad del sol... pero después de *largas observaciones* de todo tipo de coincidencias y de *rigurosas demostraciones* ese sistema le acabó pareciendo tan acorde con la armonía del universo que quedó plenamente convencido de su *verdad*. Así pues, *no propuso esta hipótesis para satisfacer las exigencias del astrónomo puro, sino más bien, para plegarse a la necesidad de la naturaleza*⁴⁰.

En consecuencia, Galileo liga el concepto de *demostración* (matemática) al concepto de *observación*, que va a jugar el papel de *idea límite*. Dicho en otras palabras: *la nueva "episteme" moderna consiste en la coincidencia de la matemática con la observación*. Cualquiera de ambas tomada por separado es efectivamente sólo una hipótesis o una "*doxa*". Por el contrario, la coincidencia de ambas va a significar "plegarse a la necesidad de la natura-

39 Cf. Grisar, H.; *Galileistudien*, 1882, Apend. IX. Citado por Popper, K.R.; *El desarrollo del conocimiento científico, conjeturas y refutaciones*. Buenos Aires, 1967, Paidós, p. 117.

40 Galilei, Galileo; *Consideraciones sobre la opinión copernicana*. Madrid 1985. Alianza Editorial (traducción, introducción y notas de Alberto Elena), p. 78 (s.n).

leza"; lo cual quiere decir que la filosofía natural se constituye en una ciencia demostrativa autosuficiente, tanto formal como ontológicamente.

Se trata en realidad de un giro radical con respecto a la concepción clásica y medioeval de ciencia. Para los griegos pospitagóricos, el modelo de ciencia demostrativa era ciertamente la matemática, pero su método era contrario al método inductivo observacional. La inducción era para Aristóteles una formulación hipotética precientífica en la medida que no tenía ningún valor demostrativo, vale decir, sus conclusiones no eran necesarias; las generalizaciones por inducción sólo eran "probables". Incluso en el caso de estar apoyadas por razonamientos matemáticos —como en la astronomía matemática que en gran parte los griegos heredaron de los caldeo-asirios— su pretensión era sólo "salvar los fenómenos".

La astronomía por ello era sólo un cúmulo de explicaciones *ad hoc* de las apariencias, difícilmente caracterizable como una "teoría". En general, para los griegos la observación era desconfiable por sí misma, en la medida que su referencia eran los fenómenos particulares, cambiantes y contingentes, y de lo particular y contingente, como bien rezaban Aristóteles y Platón, no podía haber ciencia; ésta sólo era posible, por definición, de lo universal y necesario. Sólo lo permanente es definible.

Lo sensible y lo permanente constituían por ende dos realidades ontológicas completamente diferenciadas (Platón) o dos sentidos completamente diferentes de hablar del Ser (Aristóteles), cuya confusión sólo podía conducir al absurdo o la contradicción. En consecuencia, de lo particular no es posible inferir lo universal de una manera demostrativa. En el mejor de los casos, como lo fue en Aristóteles, dicho paso (la inducción) es sólo "probable". Inversamente, de lo universal sólo se sigue lo universal y no ningún particular, como lo estableció la crítica aristotélica a la teoría platónica de las ideas como paradigmas, la cual, según el estagirita, más que una teoría era una simple imagen metafórica.

En conclusión, entre uno y otro mundo o aspectos del mismo mundo, no hay un término medio que los enlace demostrativamente. La concepción aristotélica de la substancia, con la que va a tratar de resolver esta relación, no va a constituir una teoría empírica ni una teoría demostrativa, sino una especulación metafísica, y según algunos teológica, cuya estructura lógica no será precisamente silogística sino dialéctica.

Por todas estas razones, la Física (esto es, el estudio del movimiento y cambio naturales) no podía fundamentarse a sí misma sólo a partir de explicaciones causales eficientes. Su fundamento último requería necesariamente una causa final metafísica o "motor inmóvil", que por propia definición sólo

podía ser inmaterial y por tanto objeto de estudio de una filosofía primera, que los medioevales se encargaron de consagrar como Teología.

El giro epistemológico moderno iniciado por Copérnico, Galileo y Bacon, y culminado por Descartes y Newton, va a consistir esencialmente en la búsqueda de una nueva articulación de los conceptos de demostración y causa, donde la percepción sensible va a jugar alternativamente el papel de término medio e idea límite, que va a justificar la inducción como el método demostrativo por excelencia de la ciencia o Filosofía Natural. Esto va a significar la eliminación en esta nueva filosofía de las llamadas “causas ocultas” y “causas finales” de orden inmaterial.

Galileo y Bacon representaron el primer esfuerzo por legitimar esta separación entre Religión y Ciencia o entre Filosofía Metafísica y Filosofía Natural, al formular una teoría de las “dos verdades” (demostrativas y de Fide) que a su vez obedecían a dos tipos de pensamiento: el pensamiento “opinable” y el pensamiento “demostrativo”. En su célebre *Carta abierta a la Duquesa de Toscana, Cristina de Lorena* de 1615, Galileo formulará el nuevo manifiesto epistemológico en los siguientes términos:

... (hablo siempre de las proposiciones puramente naturales y que no son de *Fide*, y no de las proposiciones sobrenaturales y de *Fide*). Quisiera yo rogar a esos prudentísimos padres que tuvieran a bien considerar con diligencia la diferencia que media entre las doctrinas opinables y las doctrinas demostrativas⁴¹.

Con esto, la Teología, que había sido elevada por la interpretación escolástica de Aristóteles al nivel de fundamento demostrativo último de las ciencias (reina de las ciencias) en tanto que toda explicación demostrativa-causal exige necesariamente una “causa final” que fundamente la cadena de las causas eficientes si no se quiere ir al infinito y con ello al absurdo, ahora ha sido transformada por Galileo en una mera doctrina “opinable”, vale decir subjetiva, lo cual resultaba inaceptable para la iglesia, y más aún humillante y verdaderamente provocador, pues de aceptarse tal punto de vista, la iglesia perdía toda su autoridad ideológica coercitiva.

La clave de este destronamiento galileano de la metafísica residía precisamente en el criterio de demarcación que utilizaba para diferenciar las “doctrinas opinables” de las “doctrinas demostrativas”. Dicho criterio de

41 Galilei, Galileo; “Carta a la Señora Cristina de Lorena, gran duquesa de Toscana”. (1615), en *Galileo, op. cit.*, p. 53.

demarcación encerraba un doble aspecto, dado por la coincidencia de la “experiencia sensible” que da “verosimilitud” a nuestras hipótesis y del “lenguaje matemático” que da “demostratividad” a nuestra percepción sensible, esto es, necesidad y universalidad.

Es pues la confluencia de la matemática con la experiencia lo que proporciona carácter propiamente científico a la generalización o inducción empírica de nuestras experiencias (diferenciándose así de la “experiencia vulgar”, que no es inductiva, como también lo subrayó Francis Bacon), y nos revela que no se trata de simples “casualidades” o coincidencias accidentales sino de la “necesidad de la naturaleza”.

Dicho de manera inversa, es la percepción sensible la que nos asegura que nuestros razonamientos matemáticos no son producto de una hipótesis subjetiva, a la vez que nos proporcionan el “límite” dentro del cual es posible hablar de causas naturales y objetivas, sin introducir causas “sobrenaturales” y las consecuentes “causas ocultas”. De aquí, la célebre afirmación que hace Galileo en *Il Saggiatore*:

... Sarsi tiene la firme convicción de que para filosofar es necesario apoyarse en la opinión de cualquier célebre autor, de manera que si nuestra mente no se esposara con el razonamiento de otra, debería quedar estéril e infecunda; tal vez piensa que la filosofía es como las novelas, producto de la fantasía de un hombre, como por ejemplo La Iliada o el Orlando furioso, donde lo menos importante es que aquello que en ellas se narra sea cierto... las cosas no son así. *La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que tenemos abierto ante los ojos, quiero decir, el universo, pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender ni una sola palabra; sin ellos es como girar en un oscuro laberinto*⁴².

La estrecha relación establecida entre demostración matemática y la percepción o experiencia sensible, establecerá el paradigma programático básico de la filosofía naturalista moderna: construir un sistema y concepción fisicalista del mundo, que Galileo intentará en sus célebres diálogos *Sopra i due Massimi sistemi del mondo* de 1632; idea que también estará detrás de *Le Monde* de Descartes, escrito al año siguiente y publicado en 1664, así como también en el famoso opúsculo de Newton *El sistema del Mundo*, que

42 Galilei, Galileo; *El Ensayador*, op. cit., pp. 60-61.

luego sería desplazado por el Libro III de los *Principia*. En todas estas obras, para efectos demostrativos, desaparecerá por completo la antes necesaria presencia de un Primer Motor metafísico.

Si bien esta “distinción” dualista del conocimiento no implicó en términos inmediatos al ateísmo filosófico⁴³, sí estableció las premisas teóricas de la ulterior evolución filosófica del pensamiento moderno que culminaría en el siglo XVIII con el “ateísmo ilustrado”. Y a estas implicancias filosóficas materialistas fue rápidamente sensible la iglesia católica, por más que Galileo se esforzara con su teoría de las “dos verdades” (y Descartes con su teoría de las “dos sustancias”) en borrar o por lo menos disimular toda huella de conflicto entre religión y ciencia.

Esta contradicción se observa con claridad en la conocida carta de Galileo a la Duquesa de Toscana, donde por un lado afirma que “...el autor jamás trata... cuestiones que afecten a la religión o a la fe... sino que se atiene siempre a conclusiones naturales, que atañen a los movimientos celestes, fundadas sobre demostraciones astronómicas y geométricas y que proceden de experiencias razonables y de minuciosas observaciones...”, y por otro lado concluye que “...en las discusiones relativas a los problemas naturales, no se debería comenzar por invocar la autoridad de pasajes de las escrituras; debería apelarse, ante todo, a la experiencia de los sentidos y a las demostraciones necesarias”⁴⁴, lo que evidentemente cuestionaba la autoridad demostrativa de la teología y de toda metafísica trascendental.

El reconocimiento formal por parte de Galileo de la existencia de algo así como “verdades de Fide”, no pasaba de ser un mero acto diplomático, francamente insultante para la religión y la teología, pues estas supuestas “verdades” no expresaban ninguna relación de “correspondencia” (tal y como exige la noción aristotélica de “verdad”) ni siquiera con alguna suerte de realidad “sobrenatural”, sino expresaban sólo la *voluntad normativa* y por tanto subjetiva del “Espíritu Santo”:

Considero que la autoridad de los textos sagrados tiene por objeto principalmente el de persuadir a los hombres...(y por ello)... la intención del Espíritu Santo es enseñarnos *cómo se va al cielo* y no cómo vaya el cielo⁴⁵.

43 Como bien observa Hubbeling “muchos científicos, como Boyle o Newton, eran hombres piadosos, pero desplazaban la religión a la interioridad, velada al acceso del científico natural”. Hubbeling, H.G.; *Spinoza*. Barcelona, 1981, Herder, p. 41.

44 Galilei, Galileo; *Carta a la señora...*, op. cit., pp. 39 y 42.

45 *Ibid.*, pp. 43 y 46 (s.n.).

Esta conclusión, que fue la fuente de un choque frontal con la iglesia romana, condujo apresuradamente al aislamiento de Galileo y al repliegue atemorizado de Descartes (que se arrepintió de publicar *Le Monde*), pues conllevaba no sólo tesis epistemológicas que desacreditaban el discurso teológico-metafísico, sino también tesis ontológicas que lindaban con una teoría fisicalista de la substancia. Y para mayor desgracia de Galileo, esta tesis presentaba fuertes debilidades filosóficas.

Recordemos que la teoría clásica de la substancia desarrollada por Aristóteles, presentaba a ésta como una unidad de materia y forma, donde la materia era principio de singularidad y la forma principio de universalidad. No resulta claro con qué grado de conciencia e información filosófica Galileo había procedido a “reducir” la materia a la “materia sensible” (como la denominaría Aristóteles) y a identificar a ésta con su carácter geométrico-espacial (“sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas”) con lo cual pretendía cerrar la “Filosofía Natural” a toda proyección metafísica.

No obstante que el planteamiento de Galileo era técnica o, si se quiere, “metodológicamente” viable —como lo va a subrayar Descartes y lo confirmara el desarrollo posterior de la Física mecánica— presentaba fuertes debilidades en su fundamentación y consistencia filosófica, como también lo mostrará el desarrollo posterior de la filosofía moderna, tanto en su versión racionalista como empirista y las aporías que se van a originar al interior de la propia mecánica newtoniana.

Ni cortos ni perezosos, los escolásticos no desaprovecharon las graves debilidades mostradas en el flanco filosófico de Galileo, para mostrar una y otra vez las inconsistencias y contradicciones que engendraba su “sistema del mundo”. Su recurrencia permanente al arsenal aristotélico de argumentaciones no va a ser producto de una mera esclerosis dogmática —como arrogantemente pensaba Galileo—, sino de una larga experiencia y conocimiento de viejos debates filosóficos que se remontaban a la tradición clásica, que una perspectiva filosófica mecanicista ciertamente no podía remontar. Y ello se debía probablemente a lo que Alexander Koyré ha denominado como una “alianza contra natura” sobre la que se construyó la *episteme* mecanicista, al fusionar en un solo cuerpo teórico las filosofías de Demócrito y Platón.

De Aristóteles al dualismo de Descartes

Ya el viejo Aristóteles había desarrollado argumentos decisivos contra el reduccionismo físico-naturalista de los Jonios, así como contra el intento de

fundamentación matemática de dicho fisicalismo por parte de los pitagóricos, que condujo finalmente al giro idealista platónico.

Los errores de quienes postulan la existencia de un único mundo conformado exclusivamente por materia "corpórea y dotada de magnitud" son, según Aristóteles, múltiples. En la medida que toda explicación científica no es sólo un acto predicativo formal sino una "explicación causal", es necesario encontrar una causa física primaria que permita sostener de manera independiente una concepción "física" del mundo a la que les es innecesaria cualquier sustento metafísico.

Ahora bien, dado que el movimiento es evidentemente inherente a las cosas físico-sensibles y que todo lo que se mueve en la naturaleza tiene que ser movido por algo, salvo que suspendamos arbitrariamente la explicación, todo movimiento de un objeto material tiene que ser causado por la acción de otro objeto natural; y si no recurrimos a "causas ocultas" o a algún Primer Motor inmóvil de carácter inmaterial, entonces no es posible detenerse en la cadena causal. Como esto no es posible para un fisicalista, entonces hay que admitir que es imposible construir una teoría física independiente o autónoma que se baste a sí misma. Una explicación fisicalista del mundo como un todo carecería de límites y, por tanto, de fundamento ontológico y gnoseológico para sus propios postulados iniciales. En conclusión, no puede haber una filosofía natural independiente.

Al parecer fue Descartes (poseedor de una profunda formación aristotélica) quien desde el bando moderno observó con mayor agudeza y rapidez (y no sólo por temor a la Inquisición) esta debilidad de los fundamentos filosóficos de la propuesta galileana, a pesar de compartir plenamente su admiración por el método mecánico-matemático de investigación y de exposición. Tal como observó en una carta a Mersenne del 11 de octubre de 1638:

Encuentro en general que filosofa mucho mejor que el vulgo... y trata de examinar las materias físicas mediante razones matemáticas. En esto estoy enteramente de acuerdo con él y sostengo que no hay ningún otro medio para encontrar la verdad. Pero... *sin haber considerado las primeras causas de la naturaleza, sólo ha investigado las razones de algunos efectos particulares y así ha construido sin fundamento*⁴⁶.

46 Descartes, René; *Obras Escogidas*. Buenos Aires, 1967. Editorial Sudamericana, Biblioteca de Filosofía (traducción de E. Olaso y T. Zwanck. Selección, prólogo y notas de E. Olaso), pp. 370-371 (s.n.).

Descartes, casi contemporáneo de Bacon y Galileo e inmediato predecesor de Newton, ocupa entre ambas generaciones el período político e ideológico de mayor dificultad, en medio de la disgregación sectaria del protestantismo y el auge de la contrarreforma católica.

Fuertemente impactado por la condena de Galileo, al parecer saca como conclusión que la lucha por independizar el conocimiento científico de la religión requiere un trabajo filosófico más profundo que la mera formulación de teorías científicas particulares. En realidad, se trataba de establecer desde su raíz principios claros e indudables tanto de la naturaleza como del conocimiento humano que respalden la independencia de la Filosofía Natural y su método experimental de una manera consistente.

Compartiendo el dualismo gnoseológico anunciado por Galileo que apuntaba a separar la religión de la ciencia, comprendió también que era necesario desarrollar un fundamento ontológico dualista que no conduzca a una incompatibilidad que ideológica y políticamente lleve a una confrontación apresurada y desastrosa para las fuerzas modernas emergentes. Su programa filosófico va a consistir por ello en una alternativa conciliadora que busca legitimar ambos discursos como referentes a dos sustancias existentes en forma paralela e independiente. De allí su tesis de la existencia de dos sustancias: la material (*res extensa*) y la inmaterial (*res pensante*).

Principios de la filosofía moderna del sujeto

La primera tarea que se propuso Descartes consistió precisamente en revelar la demostratividad de la existencia de aquellas entidades inmateriales (que para Galileo sólo pertenecían al campo de las "doctrinas opinables") tales como Dios y el Alma, reformulando los viejos argumentos medievales de San Anselmo y Santo Tomás.

Para ello se servirá de la llamada "duda metódica", en donde su propia duda acerca de toda idea o representación humana va a demostrar que de lo único que no puede dudar es del hecho mismo de que piensa al dudar. La duda es puesta como garantía de existencia de mi pensamiento. Como consecuencia de lo anterior, resulta evidente que no puedo concebirme a mí mismo de una manera clara y segura sino como ser pensante, por lo cual necesariamente el pensamiento pertenece a mi esencia, luego es indudable que existe una sustancia pensante que es irreductible a la materia extensa.

Una vez asegurado este punto de partida evidente, la cadena de inferencias metafísicas está abierta. Mis dudas y errores, así como la infinidad de ideas falsas e inadecuadas, muestran que soy un ser pensante imperfecto y que esto es necesariamente la causa de mis ideas imperfectas. No obstante, entre mis ideas existe la idea de un Ser Perfectísimo. ¿Cuál es la causa de dicha idea? No puedo ser yo, dado que lo imperfecto y contingente no puede ser causa de lo perfecto y consistente. De esto se sigue necesariamente que mi idea de un Ser Perfectísimo tiene que ser causada también por un Ser Perfectísimo, o sea, por Dios, pues la idea de perfección incluye necesariamente la existencia como atributo esencial, y con ello, la necesaria existencia de este Ser Perfectísimo inmaterial que la causa. A su vez, la existencia de dicho Ser Perfectísimo se torna en garantía de la existencia de todas las demás sustancias inmatrimales a las que se refieren mis ideas verdaderas.

Como conclusión, la existencia de Dios no resulta una “doctrina opinable” o mera cuestión “de Fide”, sino un asunto plenamente demostrativo, a la vez que fundamento de mis ideas verdaderas más básicas (“innatas”), que son al mismo tiempo el punto de partida de todo conocimiento. Descartes creyó haber satisfecho con esto las demandas más fundamentales de legitimidad por parte de la religión y la filosofía metafísica, su autosuficiencia teórico-demostrativa (y no simplemente “opinable”), a la vez que su realidad ontológica necesaria, al igual que su relevancia cosmológica.

No obstante, vale la pena resaltar la sutil “trampa cartesiana” que se esconde detrás de su aparente “concesión total” a la tradición teológica. En realidad, la base de su “demostración” descansa ahora absolutamente en la autoridad de la primera persona, en el “yo pienso”. Se trata de una inversión total del orden cosmológico antiguo (que iba del Ser en general al individuo particular). Ahora resulta que la otrora pequeña criatura contingente (el *ego cogito*) es el sustento del Ser necesario (Perfectísimo), y la autoridad de su *cogito* (razón) la convierte en un “sujeto trascendental” por encima de cualquier autoridad, que finalmente se condensará en aquel lema con el que Kant caracterizaba el programa de la Ilustración: “¡atrévete a usar tu razón!”.

El caso es que no sólo la iglesia católica va a notar este “peligroso *revival* moderno del *homo mensura*”, sino que al interior mismo del campo moderno va a dar lugar a dos perspectivas muy distintas. Tanto Locke como Spinoza van a iniciar dos vertientes de sospecha sobre el carácter aporético de esta formulación del principio de la filosofía moderna del sujeto así como de sus perspectivas de reformulación, sobre las que volveremos más adelante.

Principios de la filosofía natural moderna

La otra gran tarea que emprenderá el programa filosófico cartesiano va a consistir en establecer la legitimidad, independencia y autonomía ontológica de la Filosofía Natural y, por otro lado, reexaminar y reformular de manera consistente las debilidades existentes en los principios matemáticos establecidos por Galileo para la Mecánica moderna.

Si bien Galileo había realizado la hazaña de enunciar el célebre Principio de Inercia, que finalmente sería elevado por Newton al rango de "Primera Ley del Movimiento", en Galileo nunca quedó claro cómo dicho principio podía ser independiente y también "primera causa del movimiento", desplazando así de toda interferencia en el mundo natural al divino Primer Motor inmóvil de Aristóteles, y reduciendo todos los movimientos naturales existentes al principio inercial, particularmente el movimiento gravitatorio circular que describían los planetas.

Galileo se había mostrado cauteloso y desconfiado frente a la explicación kepleriana de la "fuerza gravitatoria" como principio no sólo de los movimientos planetarios sino de los cuerpos físicos en general, por contener demasiados supuestos metafísicos, teológicos y místicos, que Kepler denominaba indistintamente "*anima motrix*" o "*virtus*"⁴⁷.

Tales denominaciones resultaban intolerables para el mecanicismo materialista de Galileo, para quien toda interacción física sólo podía ser explicada por "acción directa" (choque, frotación o rozamiento entre dos cuerpos, u oscilación de un medio) y no por "acción a distancia" o "causa oculta" alguna.

Por otro lado, los fundamentos de la independencia ontológica de la Filosofía Natural moderna habían sido formulados por Galileo (luego de su humillante juicio ante la Inquisición) en su célebre obra de 1638 *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. El objetivo de esta obra fue sentar los axiomas básicos de la Mecánica teórica, sosteniendo la tesis de la estructura atómica de la sustancia material, la cual permite suponer una estructura discontinua y simple de la materia en la que se puede descomponer la complejidad de los fenómenos naturales.

Para eludir la paradoja pitagórica de la infinita divisibilidad de cualquier magnitud matemático-geométrica, que amenaza derrumbar cualquier

47 Kepler; *Mysterium Cosmographicum, the secret of the universe*. New York, 1981, Abaris Books.

tesis atomista donde una magnitud simple resulta absurda pues toda magnitud es teóricamente divisible, Galileo (siguiendo a Demócrito y no a Pitágoras) definió los átomos no por una propiedad geométrica sino por una propiedad física: la gravedad, la que identificó con el “peso” o “cantidad de masa” que posee un cuerpo o “grave”.

Es de esta propiedad intrínseca de los cuerpos (la de tener necesariamente una cantidad de masa determinada y por tanto un peso) de donde se sigue la existencia de un movimiento natural e intrínseco, espontáneo o primario, que es el movimiento inercial y rectilíneo que describe un cuerpo que cae en el vacío.

Dicho movimiento inercial constituye entonces el primer y más básico movimiento de los cuerpos físicos y no necesita de ningún “primer motor” o “primer impulso” externo que lo cause, ni ninguna direccionalidad final de orden teleológico. Al carecer de principio y fin, Galileo concluye que “el movimiento rectilíneo es por naturaleza infinito”, razón por la cual sólo se le puede describir y definir “localmente”, esto es, en los términos relativos que nos da la experiencia (Principio de Relatividad de Galileo).

A partir de este primer Principio, cualquier variación del movimiento inercial (rectilíneo y uniforme) era siempre explicada como producto de la acción externa y directa de algún otro cuerpo (por choque o rozamiento) o de algún medio (agua, aire, etcétera) que lo curva, desvía, retrasa o acelera, sumando o restando movimientos, dando lugar a lo que serían “movimientos compuestos”.

De esta manera Galileo desaloja de la Filosofía Natural el teleologismo de la física aristotélica y toda suerte de “causas ocultas” no experimentales que se escondían detrás de las misteriosas acciones gravitatorias a distancia, más propias de la “magia” y el “misticismo” que de la ciencia mecánica materialista.

Descartes, mucho antes que el propio Newton, va a notar las inmensas dificultades que conlleva esta “fusión” o “confusión” galileana que se establecía al comienzo mismo de su física entre *inercia* y *gravitación*.

Aun cuando el afán de Galileo era desterrar toda interpretación mística de la gravedad como si fuera una misteriosa “fuerza de atracción a distancia” (análoga al magnetismo), la solución de fusionar la gravitación con la inercia creaba nuevos y más confusos problemas que los que resolvía. Si bien por un lado quedaba clara la conexión causal entre gravedad y movimiento rectilíneo, por otro quedaba completamente oscura la conexión causal entre gravedad y movimientos curvos que se dan en el vacío (como era el caso de los planetas), esto es, ahí donde no existía la acción directa de un

cuerpo o medio que pudiera explicar la desviación curvada constante que describen las órbitas elípticas de los planetas.

El recurso de Galileo a la teoría de la Parábola (ilustrada con el lanzamiento de los proyectiles balísticos) para explicar cómo se transforma “el movimiento recto en circular”⁴⁸, sólo era válida para explicar en el mejor de los casos un semicírculo finito (como el de los proyectiles de un cañón) pero no las órbitas completas y sostenidas de los planetas en el vacío, lo cual requería alguna “causa externa” o la formulación de algún otro principio independiente del inercial. Por tanto este principio no podía ser la “causa primera” de todos los movimientos de los cuerpos.

El propio Salviati (personaje ficticio que en los “diálogos” representa a Galileo), ante la objeción del peripatético Simplicio para que explicité con claridad “de qué principio depende ese movimiento circular de los graves”⁴⁹ termina aceptando que:

Yo no he dicho que la Tierra no tenga principio externo o interno para el movimiento circular, sino que digo que no sé cuál de los dos tiene; y el que yo no lo sepa, no es razón para que no exista. Y si este autor sabe con qué principio se mueven girando, otros cuerpos mundanos, que seguramente se mueven, digo que el que hace mover a la tierra es semejante al que hace mover a Marte o a Júpiter o al que mueve, según él cree, a la esfera estrellada; y si él me asegura cuál es el que hace mover a uno de éstos, yo me comprometo a explicarle cuál es el que hace mover a la Tierra⁵⁰.

Es precisamente Descartes quien en sus *Principios de la Filosofía* de 1644 va a ser el primero en tratar de despejar las confusiones y probables paradojas que se generan de la inadecuada formulación de la inercia y la gravitación, que impiden justificar el objetivo fundamental del programa filosófico moderno, a saber: la completa independencia axiomática de la Filosofía Natural con respecto a la Metafísica.

En cumplimiento de esta perspectiva, Descartes va a formular dos tesis fundamentales: por un lado, la negación de la existencia del espacio vacío, “tomado en la acepción de los filósofos, esto es, aquello en que no hay ab-

48 Galilei, Galileo; *Diálogo sobre los sistemas máximos*. Buenos Aires, 1975, Aguilar Argentina, (traducción, prólogo y notas de José Manuel Revuelta), Tomo I, Jornada Primera, p. 58.

49 *Ibid.*, T. II, Jornada Segunda, p. 230.

50 *Ibid.* p. 231.

solamente sustancia alguna”⁵¹, por ser un concepto absolutamente contradictorio “que haya extensión de la nada”⁵², e irrelevante “Pues cuando nada hay entre dos cuerpos, es forzoso que se toquen mutuamente”⁵³.

Como consecuencia de ello problematizará también el concepto de estructura atómica discontinua de la materia, pues según él “...implica contradicción que haya átomos o partes de materia que tienen extensión y, sin embargo, que son indivisibles, porque no se puede tener la idea de una cosa extensa que no se pueda tener también idea de su mitad, o de su tercio ni, por consiguiente, sin que se la conciba divisible...”⁵⁴. Con ello quedaba eliminada desde el principio la fuente conceptual de aquella misteriosa “acción a distancia” gravitatoria, que tanto repugnaba a Galileo (y posteriormente a Newton), pero que no encontraban manera de refutar.

Sin embargo, Descartes no pudo eliminar completamente la ontología atomista sin traer con ello abajo el Principio de Inercia (el movimiento uniforme y rectilíneo supone un espacio vacío) sobre el cual se construye todo el edificio teórico de la Mecánica moderna. No le queda entonces más remedio que establecer una nueva solución de compromiso, que consiste en postular la necesidad de otro principio independiente y paralelo para la gravitación distinto del principio inercial.

La razón de dejar intacto el principio inercial como primer principio (a pesar que de él no se derive la gravitación como pensaba Galileo) era para otorgarle el estatus de ser una propiedad intrínseca de la misma materia, que a diferencia de la gravitación (que es el resultado de alguna interacción causal externa entre dos cuerpos) no necesitaría de ulteriores explicaciones causales (“la causa de la inercia” y así hasta el infinito), poniendo punto final a la cadena causal de la Filosofía Natural, sin necesidad de un Primer Motor metafísico. Dios es relegado a un mero reconocimiento histórico, pero no a una necesidad teórica. El Principio de Inercia expresaría así la autosuficiencia eterna del movimiento natural.

La impecable argumentación de Descartes salvó, por un lado, la Metafísica religiosa del nivel de mera “doxa” en que la había recluido la crítica galileana y, por otro lado, independizó la Filosofía Natural de su servidumbre teológica heredada del medioevo y preparó el camino futuro de Newton.

51 Descartes, René; *Los principios de la filosofía*. Buenos Aires, 1951, Editorial Losada S.A. (traducción de Gregorio Halperin). Segunda Parte, p. 44.

52 *Ibid.*, p. 44.

53 *Ibid.*, p. 45.

54 Descartes, René; *Obras...*, *op. cit.*, p. 407.

Más aún, sobrepasando la propia Mecánica moderna, incluso adelantó conjeturas geniales que prepararían el camino de Einstein⁵⁵, tres siglos después. La racionalidad parece identificada aquí con la necesidad eterna de la naturaleza, y la Filosofía Natural elevada al rango de Filosofía Primera, destruyendo a la Metafísica y la Teología luego de más de veinte siglos de reinado desde la antigüedad clásica hasta el final del feudalismo.

No obstante, este no fue un camino celestial. Si bien la teoría cartesiana de las “dos sustancias” resolvió teóricamente las principales paradojas y debilidades de principio que presentaba la concepción galileana de la Filosofía Natural, engendró nuevos y agudos problemas cuando tuvo que explicar de una manera clara la relación existente entre ambas, es decir, la relación gnoseológica representacionista entre el Pensamiento y la Extensión y, también, la relación ética causal existente entre la mente y la acción humana, que no parecía atenerse a las leyes mecánicas atomistas.

¿Cómo así las cosas materiales y el cuerpo podían causar y engendrar nuestras ideas? ¿Qué tipo de conexión permite esta relación? La hipótesis cartesiana de las “ideas innatas” para explicar la representación, o la de la ubicación del alma en la “glándula pineal” para explicar el fundamento de la conexión mente-cuerpo, no fueron convincentes para un gran número de pensadores modernos y más bien parecían “soluciones *ad hoc*” que sugerían cada vez más una salida al problema por la vía del ocasionalismo, es decir, por la vía de la contingencia del conocimiento, lo cual era contradictorio con la tesis cartesiana substancialista del pensamiento.

Para pensadores como Baruch de Spinoza, todo el embrollo filosófico que impedía explicar la relación entre el pensamiento y la naturaleza de una manera consistente venía del dualismo de Descartes y de su comprensión del pensamiento como una sustancia independiente de la naturaleza extensa, pues “había concebido el alma como algo tan distinto del cuerpo, que no pudo asignar ninguna causa singular ni a esa unión, ni al alma misma y le fue necesario recurrir a la causa del universo entero, es decir, a Dios”⁵⁶. Y

55 Einstein ha hecho el siguiente reconocimiento a Descartes: “Descartes argued somewhat on these lines: space is identical with extension, but extension is connected with bodies; thus there is no space without bodies and hence no empty space. (...) We shall see later, however, that the General Theory of Relativity confirms Descartes’ conception in a roundabout way”. Einstein, Albert; *Relativity, the special and general theory*. New York, 1961, Crown Publishers Inc., p. 136.

56 Spinoza, B.; *Ética, demostrada según el orden geométrico*. Madrid, 1987, Alianza Editorial (introducción, traducción y notas de Vidal Peña), p. 342.

ciertamente no puede haber causa próxima, y se tiene que recurrir en el dualismo a generalidades metafísicas vacías o “causas ocultas”, por la sencilla razón que “Dos substancias que tienen atributos distintos no tienen nada en común entre sí”⁵⁷.

En todo este conglomerado polifónico de historias particulares y de discursos no convergentes parece consistir la revolución teórica y filosófica que origina la modernidad burguesa europea, y también sus discursos divergentes, sus crisis permanentes que la impulsan y la entranpan y las críticas que a partir de ella y contra ella desarrollan posteriormente los diversos discursos filosóficos de los siglos XIX y XX aquí reunidos.

57 Ibid., p. 46.

Apéndice III

Las paradojas del saber en la modernidad

Comentario al libro de Nelson Manrique

“La sociedad virtual y otros ensayos”

ESTA ES LA CUARTA VEZ QUE ME ENCUENTRO en una reunión comentando el libro de Nelson que hoy nos convoca⁵⁸. La única diferencia es que en las tres anteriores el público era más reducido, el texto todavía estaba en borrador y no había las presiones del tiempo que un acto formal nos impone.

Pero en realidad no tengo nada “nuevo” que añadir a la opinión que di en las reuniones anteriores, a saber: que se trata de uno de los trabajos más sugerentes que he leído en los tiempos recientes, desde la perspectiva de un pensamiento que no ha renunciado al espíritu crítico y contestatario del or-

58 El texto que conforma este Apéndice fue originalmente leído en la presentación del libro de Nelson Manrique *La sociedad virtual y otros ensayos*, en el centro cultural de la PUC, el 11 de junio de 1997, y posteriormente en el seminario “La crítica del capitalismo hoy” en SUR, Casa de Estudios del Socialismo, en noviembre de 1997. Una parte fue publicada en la revista *Márgenes* (noviembre de 1998) y nuevamente fue editado en un libro colectivo titulado *La crítica del capitalismo hoy* (Lima, 1999, SUR). Lo vuelvo a incluir (en una versión definitiva) en esta ocasión porque creo que permite complementar la visión histórica sugerida en el Apéndice II, *Los orígenes del capitalismo y los discursos filosóficos de la modernidad*, a manera de una lectura que inversamente explora el futuro.

den vigente. Aunque podría también incluir en este grupo el texto recientemente publicado por Óscar Ugarteche sobre América Latina y la economía global, y el de Alberto Graña sobre la metamorfosis de la economía, cuyos borradores hemos tenido también oportunidad de leer y conversar.

No voy a mentir diciendo que suscribo todas las conclusiones del libro de Nelson Manrique, pero sí suscribo el acierto y la productividad de su entrada, en la medida que implica la investigación, búsqueda y reconstrucción racional de métodos y categorías globales de comprensión crítica del mundo actual. Una búsqueda de fundamentos, de globalidad y de futuro que en gran parte me parece que se habían perdido en el pensamiento crítico peruano de los noventa, no se si por culpa del posmodernismo, del cansancio o del simple acomodo.

Pero en todas las ocasiones anteriores he tenido la desagradable sospecha de que mis interlocutores simplemente no me creyeron. Algunos me parece que pensaron que sólo eran alabanzas gratuitas a un amigo, otros menos benevolentes me dijeron en privado que soy un exagerado, que busco cinco pies al gato a un texto periodístico que no tiene más pretensión explícita que la información y difusión pedagógica de las nuevas tecnologías.

Finalmente, un amigo muy querido me dio la clave de la incompreensión cuando dijo que mis interpretaciones son simplemente “delirantes” y “desfasadas”, pues persistían a estas alturas del partido en el espíritu decimonónico de “transformar el mundo”, justo cuando se había venido abajo todo el conjunto del *paradigma ilustrado* que lo originara.

¿No estamos acaso en el mundo posmuro de Berlín (o poscapitalista), época del fin de las críticas ideológicas globales (o época posmoderna) que algunos identifican como fin de la “historia”? ¿No es acaso desfasado mostrar un éxtasis positivista ingenuo frente a los cambios científico-técnicos actuales como supuestas palancas de transformación progresiva del mundo? En pocas palabras, se trataría de algo análogo a celebrar un cumpleaños en un funeral. Quisiera aprovechar esta presentación para sugerir, breve y apretadamente, algunas razones sobre la persistencia de mi opinión.

¿“Qué hablamos” cuando hablamos de cambio de paradigma?

Pienso que Nelson tiene toda la razón cuando en la introducción de su libro dice que “explicar los cambios supone conocer previamente la naturaleza de lo que ha cambiado”. Precisamente a este “saber previo” refiere el asunto de los llamados paradigmas. El drama es que se ha convertido en un “lugar común”

hablar del “cambio de paradigmas”. Muchas personas creen que se trata de algo análogo al “cambio de moda”: descalificamos todo lo anterior acumulado en nuestro ropero intelectual y cambiamos de tema como la liebre de marzo. En eso consistiría la supuesta oposición moderno-posmoderno.

En realidad asistimos una vez más a la tragedia (recurrentemente nuestra) que le ocurre a toda idea relevante cuando se populariza y deviene en sentido o lugar común: se vuelve una trivialidad grotesca. Con mucha razón el recientemente fallecido maestro sanmarquino Antonio Cornejo Polar caracterizó en una ocasión con un peruanismo clásico esta situación, afirmando que ya no quería ni mencionar dicha palabra porque se había vuelto una “huachafaría”, aludiendo con ello al carácter descontextualizado con que dicha noción se usa frecuentemente.

Cosa similar denunciaba irónicamente el año pasado el rector de la Universidad Nacional de Ingeniería, Javier Sota Nadal, a propósito de los términos “reingeniería” y “calidad total”, usados en el contexto de un país que carece de la mínima ingeniería, y donde la productividad total ha descendido a los sótanos más profundos de la “chicheidad”, el “capitalismo combi” y la “informalidad”.

¿De qué estamos realmente hablando, cuando hablamos de cambios de paradigmas? En realidad asistimos a una historia más vieja, compleja y profunda de lo que algunos se imaginan. En primer lugar, cuando hablamos de cambio de paradigma, no estamos refiriendo a ningún tipo de hechos, cosas o sucesos, sujetos a verificación empírica, sino a la “manera de pensar, ver o hablar” sobre dichas cosas, hechos o sucesos. Nos referimos no a lo que vemos sino a los anteojos con los que vemos. Hablamos de una suerte de modelo o gran pauta abstracta del saber y del actuar sobre la que posteriormente construimos nuestras decisiones de verdad o falsedad, de bueno o malo, en el discurso y en la acción.

La idea no es en sí misma nueva. En realidad la sugirió Platón hace 23 siglos, sólo que para él —como buen aristócrata— los paradigmas eran eternos, inmutables e independientes del cambio que sufren las cosas e individuos de nuestro mundo sensible. Para él hubiera resultado inconcebible la idea de un “cambio de los paradigmas”.

No obstante, dicha actitud —que podríamos llamar “no reflexiva”— no es el resultado necesario de alguna torpeza individual o perversidad clasista. Parece más bien ser una regla frecuente en toda cultura, que algunos denominan “etnocentrismo” o para el caso de ciertas ideas religiosas, “dogmática”. En realidad, la actitud reflexiva sólo tiene sentido si estamos dispuestos a aceptar que todos nuestros paradigmas son meras construcciones concep-

tuales o “mentales” de hombres “de carne y hueso”, mejor dicho históricos. Pero ello no resulta fácil de aceptar cuando consideramos que algunas de nuestras verdades o creencias tienen en algún sentido carácter trascendente.

El significado actual nos remite por ello en términos más inmediatos a la ya clásica obra de Thomas S. Kuhn, titulada *Estructura de las revoluciones científicas*, escrita hace casi 35 años (1962) por un joven y entonces oscuro físico norteamericano. Kuhn resaltó en aquel escrito la “prioridad de los paradigmas” para entender la evolución y cambio histórico de las teorías científicas, enfatizando precisamente la “invisibilidad” que atraviesa la estructura de dichas revoluciones, pues éstas no son decididas por hechos o cosas verificables sino por lo que él llamó “cambios del concepto del mundo” (categorías, compromisos metafísicos, profesionales y hasta apreciaciones de carácter estético). En otras palabras, los cambios no provenían de fuera de nuestras creencias y tradiciones científicas (del descubrimiento de nuevos hechos externos a ellas) sino de las paradojas emergidas internamente con su desarrollo.

La tesis de Kuhn causó entonces un escándalo internacional en el seno de la comunidad universitaria de especialistas (investigadores científicos, historiadores de la ciencia, filósofos dedicados a la epistemología, lógico-matemáticos, entre otros) pues rompía las creencias dominantes, fuertemente ancladas en una concepción evolucionista, experimental, acumulativa y linealmente progresiva del desarrollo de nuestra ciencia natural, consagrada por el discurso positivista de fines del siglo XIX. Kuhn y luego Feyerabendt, demolieron de manera provocadora esta historia oficial e idealizada de la ciencia, sustituyéndola por un complejo proceso histórico alternado por períodos de “ciencia normal”, de “crisis paradigmáticas” y de “revoluciones científicas” parecidos a los que suceden en la vida social y política de los pueblos.

Pero en sentido estricto, Kuhn tampoco fue el padre exclusivo de esta monstruosa criatura. Ya en el Prefacio a la primera edición de su obra magna, remitía los orígenes de su inspiración al célebre trabajo del lógico matemático y filósofo norteamericano W.V.O. Quine, publicado en 1951 con el provocador título: “Dos dogmas del empirismo”. Se podrán imaginar ustedes el escándalo que dicho trabajo, sólidamente fundamentado, produjo en el mundo académico anglosajón, que siempre enarboló el empirismo como bandera antidogmática de un tolerante y democrático ambiente, genuinamente científico.

Ahora —según Quine— resultaba que desde un punto de vista lógico, dicho discurso se fundaba en ciertos presupuestos dogmáticos, propios de una concepción gratuitamente representacionista del lenguaje. Pero también la

crítica de Quine a la dogmática positivista y su opción por lo que denominó “un pragmatismo más completo” (o “empirismo sin dogmas”) remitió nuevamente el origen del debate a fuentes más lejanas: los trabajos del filósofo, lógico y semiótico norteamericano Charles Sanders Peirce, de fines del siglo XIX y comienzos del XX, considerado el padre de la pragmática lingüística contemporánea. Peirce desarrolló una revisión crítica profunda de los conceptos fundamentales de significado y verdad tradicionales (por correspondencia) y de la ingenua suposición acerca de la transparencia de nuestros enunciados sobre el mundo.

Peirce realizó su examen crítico en un ambiente de crisis y cambios revolucionarios acelerados que se venían operando en las dos ciencias paradigmáticas de la filosofía natural moderna a lo largo de la segunda mitad del siglo XIX. Época del inicio de la crisis de la Mecánica newtoniana y del posterior surgimiento de la Física relativista y cuántica. Crisis también del análisis matemático como método central de la ciencia, con el surgimiento de la teoría de grupos del joven revolucionario matemático francés Evaristo Galois, de las geometrías no-euclideanas de Riemman y Lobachevsky y la teoría de conjuntos de Cantor, que invertían cada vez más la metodología científica de un predominio de los procedimientos analíticos a un predominio de los procedimientos sintéticos y estructurales.

En pocas palabras, desde la segunda mitad del siglo XIX se inició un lento cambio, de consecuencias revolucionarias, del concepto de cientificidad o *episteme* moderna, del que aún hoy es difícil decir que hemos salido. La complejidad y profundidad de dicho cambio se pierde sin embargo por completo si uno sólo ve los efectos tecnológicos, políticos o sociales actuales en su inmediatez objetualista o casuística, confundiendo el efecto con la causa y viceversa.

Cuando algunos creen que son las nuevas tecnologías y los sucesos recientes la causa del cambio de paradigmas, no hacen sino reproducir precisamente el viejo paradigma moderno del saber como una relación causal directa de hechos y objetos puntuales. Nuestros enamorados del cambio de paradigmas se han aferrado precisamente a la autoimagen objetualista e instrumental de la modernidad, donde ésta no aparece como un resultado de una peculiar construcción del saber (paradigma de cientificidad) y del actuar humano (paradigma de eticidad), sino a la inversa, como un resultado de hechos y cosas.

Para decirlo en palabras del notable historiador de la ciencia francés, Alexander Koyré: “La ciencia de Descartes y Galileo fue, por supuesto, extremadamente importante para el ingeniero y el técnico, provocó finalmente la revolución técnica. Sin embargo no fue creada ni desarrollada por inge-

nieros, técnicos o artesanos, sino por teóricos y filósofos cuya obra rara vez rebasó el orden de la teoría”.

¿Qué paradigma de racionalidad cambiamos?

Dicho en pocas palabras: el paradigma de cientificidad creado por el discurso filosófico moderno de Bacon, Galileo, Descartes y Newton, y no como algunos ingenuamente afirman “todo discurso científico”, botando a la vez el agua sucia y al niño de la bañera. Dicho paradigma se puede resumir, refiriéndolo a tres supuestos dogmáticos que él contiene sobre el saber y en general sobre el lenguaje.

- a) *El dogma de la transparencia del lenguaje.* Es decir, la idea de que el lenguaje es un retrato o pintura (*picture*) directo (reflejo) de la realidad, si lo despojamos de todas sus funciones llamadas metafóricas, de carácter cualitativo o subjetivo (“cualidades secundarias”, las llamaron Bacon, Locke y Galileo). El proyecto de construir un lenguaje representativo directo (sujeto-objeto) sugirió a su vez la ilusión de la posibilidad de construir un discurso universal (el de la ciencia natural) que Descartes y Leibniz llamaron “*mathesis universalis*”, así como una “gramática universal” como la que se afanaron en construir desde Port-Royal hasta Chomsky. Dicho ideal ha dominado como una verdad evidente de sentido común la cultura moderna hasta nuestros días.
- b) *El dogma reduccionista del significado,* según el cual un discurso transparente es posible si se basa en “ideas claras y distintas” (Descartes), es decir, ideas o enunciados cuya significación es inmediata y puntualmente evidente (no dependiente o mediada por alguna concepción metafísica o cultural previa); una suerte de átomos significativos. En otras palabras, la noción de verdad es independiente de su contexto cultural o de su uso social, con lo cual, verdad = certidumbre o precisión. Así, la verdad de la proposición “2 más 2 son cuatro” es independiente del texto o contexto (“grupo” en el lenguaje matemático) en que está inscrita. Por supuesto que esta concepción del saber presupone que al frente tenemos una realidad atomista, compuesta por “unidades mínimas de realidad” que corresponden una a una con nuestros enunciados (“unidades mínimas de significación”).
- c) *El dogma del solipsismo,* o supuesto metafísico de que el saber es un producto del individuo aislado, es decir, se presupone la posibilidad

de lo que el genial monje inglés del siglo XIV Guillermo de Okham denominó un “lenguaje mental” o también un “lenguaje privado”, idea sorprendentemente paradójica, pero que el discurso filosófico moderno convirtió en algo evidente y de sentido común, por lo menos hasta la segunda mitad del siglo XIX (hasta Marx y Peirce).

Descartes convirtió dicho supuesto metafísico en principio de evidencia en su famoso *Discurso del método*, que seguramente todos hemos leído en nuestros bachilleratos universitarios. Y para los que no han leído a Descartes, se trata de un principio análogo a la primera ley de la Física newtoniana que estudiamos en el colegio: la ley de la inercia, es decir el supuesto imaginario de la existencia de un cuerpo totalmente aislado moviéndose en el vacío sin interaccionar con otros cuerpos.

La idea del individuo aislado fue así fetichizada no sólo en el paradigma moderno del saber natural, sino también social. Este individuo apareció como principio natural de la sociedad —y no como resultado histórico de un proceso social de individuación específicamente moderno— en las clásicas tesis contractualistas rousseauianas del liberalismo político francés, en la filosofía moral británica que fundamentó la economía clásica inglesa, en la literatura de aventuras, en la pintura retratista, etcétera.

Esta noción de cientificidad —que supone un lenguaje transparente, directo y consecuentemente autoevidente— convirtió a la ciencia en un texto sagrado y no en un producto culturalmente mediado. Dicha tesis dogmática dio lugar a una nueva “fe” consagrada por la teología positivista moderna desde mediados del siglo XIX. Fetichización que terminó ahogando los elementos liberadores y democráticos de entendimiento intersubjetivo que caracterizó el contractualismo liberal clásico que fundara el mundo moderno, y que el positivismo decimonónico denunció como causante de la anarquía social y cultural.

Dos consecuencias importantes se desprenden de dicho paradigma del saber científico:

- a) *El saber* es planteado como una relación sujeto-objeto, en la cual la comprensión de la “realidad” (natural o social) es concebida *naturalistamente* como un cálculo analítico sobre hechos y cosas y no como un entendimiento o comprensión social.
- b) *La acción* humana es vista —a partir de dicho saber— como un cálculo instrumental de poder. Como reza el célebre apotegma de Bacon: “saber es poder”. La verdad se asocia así con una tecnología de la eficiencia, como una suerte de *know how*.

El proyecto moderno del saber desarrolló pues una aporía inmanente. Buscó por un lado —y con cierto éxito— desalojar los dogmas y fetiches culturales que en el mundo antiguo aprisionaban su posibilidad de individuación, resumidos en el célebre lema con el que Kant define la ilustración: “Atrévete a usar tu razón” cuestionando así cualquier principio de autoridad sobrehumana, no sólo en el terreno religioso sino también en el terreno económico y social. Pero al *naturalizar* epistemológicamente su régimen histórico, recreó al mismo tiempo el fetichismo autoritario de sus propias creaciones culturales. La propia vida social fue reducida al paradigma objetualista de cientificidad.

Como bien subrayó Koyré: “Con Maquiavelo estamos ante otro mundo completamente distinto. La edad media ha muerto... la justicia, el fundamento del poder, nada de todo esto existe para Maquiavelo. No hay más que una sola realidad, la del Estado; hay un hecho: el del poder. Y un problema: ¿Cómo se afirma y se conserva el poder en el Estado... la inmoralidad de Maquiavelo es pura lógica. Desde el punto de vista en que se coloca, la religión o la moral no son más que factores sociales. Son hechos que hay que saber utilizar, con los que hay que contar. Eso es todo. En un cálculo político, hay que tener en cuenta todos los factores políticos: ¿Qué puede hacer un juicio de valor respecto a la suma... en absoluto modificar la suma”.

Pero ¡cuidado! esta crítica no implica necesariamente una idealización pasatista, ni la búsqueda de un romántico retorno a la *episteme* antigua. Por el contrario, significó el inicio de una larga exploración por extirpar todo rastro de dogmatismo y autoritarismo perverso en nuestro saber y actuar contemporáneo. Ello es lo que caracteriza la esencia del debate filosófico contemporáneo. En esto consistió precisamente la fuerza histórica de la crítica inmanente al paradigma moderno iniciada desde muy distintos ángulos a partir de la segunda mitad del siglo XIX por pensadores como Marx, Nietzsche, Freud o Peirce.

Por supuesto que la comprensión de conjunto de este proceso no constituyó el punto de partida de la crítica contemporánea. Nuestra actual visión de conjunto es el resultado de más de siglo y medio de debates, exploraciones unilaterales, fracasos, retrocesos, autocríticas y éxitos parciales que todavía dominan el ambiente filosófico. De hecho, dicha crítica se inició no tanto en el terreno del paradigma del saber moderno, sino fundamentalmente en la esfera del paradigma de acción moderno, es decir en el terreno de las ciencias humanas. Ahí tal vez reside tanto la fuerza como la unilateralidad y lentitud con que se ha desarrollado hasta el presente.

Marx, por ejemplo, criticó radicalmente la fetichización del modelo de acción establecido por la moderna filosofía moral británica que presentaba al régimen capitalista como un sistema natural y eterno de la vida humana. No se trataba de una relación hombre-naturaleza, ni de un simple sistema de producción de objetos (mercancías). Asimismo, desenmascaró el fetichismo naturalista de la individualidad aislada (robinsonadas), así como el fetichismo naturalista de la mercancía, del dinero, del salario y del capital, los cuales no eran comprensibles objetivamente en el paradigma gnoseológico sujeto-objeto, sino a partir de una comprensión de la intersubjetividad histórico social.

Nietzsche demostró apasionadamente que el paradigma del saber y del progreso moderno presuponía decisiones previas de una moralidad dionisiaca decadente que ponía a los individuos modernos no a las puertas de la libertad, sino de una nueva esclavitud de las cosas, que poco tenía que ver con el incremento y perfeccionamiento de la libertad prometida por la ilustración.

Freud desenmascaró igualmente la supuesta transparencia del discurso racionalista y del sujeto consciente cartesiano, mostrándolos no como substancias independientes sino por el contrario como una máscara encubridora de oscuras pulsiones e instintos irracionales crecientemente reprimidos por los tabúes sociales.

Ello no sólo cuestionó la sustancialidad y centralidad del “yo”, idea que en cierto modo los empiristas ingleses como Locke y Hume ya habían cuestionado, reduciéndola a una simple creencia (*belief*) o imagen (*picture*) de unidad derivada de la asociación coherente del conjunto de nuestras percepciones, creencias y deseos. Freud demolió incluso esta supuesta “coherencia” de nuestra subjetividad y la redescubrió como una suerte de cuasi-conjunto “incoherente” (léase de propiedades o tendencias no convergentes), poblando nuestro mundo interno de tres sujetos (yo, ello y superyo) con tres diferentes relatos de una misma experiencia que dialogan y disputan convulsivamente al interior de los mismos zapatos con igual legitimidad, tejiendo sin embargo una red de relaciones causales entre sí.

El yo racional deja de ser visto como la “esencia” o “parte superior del alma”, heredada de la tradición platónico-aristotélica-cristiana, para convertirse en un mero interlocutor más de nuestra contingente identidad. Se inicia así un cuestionamiento radical de la tradicional idea jerárquica de la naturaleza humana, sobre la que se construyó una moralidad ascética, represiva y culposamente intolerante frente a la ambigua conducta humana.

Pierce inició una nueva conexión del saber entre la acción humana y la función pragmática del signo lingüístico, que comenzó un largo cuestio-

namiento del dogma metafísico representacionista del discurso moderno. Pero incluso en los años treinta del presente siglo las críticas radicales del llamado “segundo Wittgenstein” al paradigma representacionista del lenguaje, las de Bajtin y su círculo al discurso monológico del relato moderno, o la “destrucción” de la ontología objetualista y la racionalidad instrumental moderna por Heidegger, constituían reflexiones completamente aisladas y marginales al *establishment* intelectual de nuestra sociedad contemporánea.

En pocas palabras, todas estas críticas acumuladas desde mediados del siglo XIX –tan dispares en sus métodos, objetivos y concepciones– parecen coincidir en un solo punto: que la finalidad liberadora que la ilustración había atribuido al paradigma de cientificidad moderno resultó a fin de cuentas paradójicamente autoritaria. ¿Cuál fue la razón de tan frustrante desenlace? Aquí los caminos de todas las respuestas se disgregan y multiplican. Tal es el estado de la cuestión o quizá también de su solución, pues no parece haber una respuesta global, simple, clara y distinta, vale decir, una respuesta en los mismos términos cartesianos de la tradicional racionalidad discursiva moderna que precisamente se critica.

Las aporías del paradigma moderno: autoritarismo y liberación

A la luz de la trayectoria intelectual resumida, pueden ahora resultarnos más sugerentes las dos motivaciones que según Nelson lo impulsaron a escribir su libro: la enseñanza y el periodismo. No es ciertamente una casualidad, porque ambas actividades son las que plantean de manera más aguda el cambio paradigmático –ahora sí en su sentido riguroso– que hoy vivimos en torno a nuestra comprensión del lenguaje *esencialmente como un instrumento de comunicación y acción humanos*.

Quiero enfatizar brevemente cuatro aspectos señalados por su libro, que muestran precisamente la magnitud y las consecuencias de los cambios que se vienen operando.

a) Identificación de modernización e industrialización piramidal

La visión tradicional de la modernidad, que partió del paradigma sujeto-objeto, procedió a identificar *modernidad con industrialización* (hombres produciendo masivamente objetos) y el proceso de *modernización* exclusiva-

mente como aumento de la productividad del trabajo (hombres produciendo más objetos).

Esta concepción exclusivamente objetualista de su desarrollo consagró como *único método* del incremento de la productividad social la división del trabajo (la especialización objetual o instrumental del saber), y su consecuencia fue la concentración y centralización creciente de la producción en una estructura de tipo piramidal de fábricas cada vez más grandes y un número decreciente de capitalistas o funcionarios capaces de controlar globalmente la producción social. Al mismo tiempo, una masa laboral creciente de obreros manuales especializados y mecanizados, realizando trabajos simples y repetitivos, cada vez más alejados del control global del proceso de producción.

Sobre este punto de partida, Adam Smith predijo la lógica de un equilibrado desarrollo proporcional e indefinido de los factores de producción e intercambio capitalista, que James Mill caracterizó con humor como una tendencia al “equilibrio *metafísico* entre las compras y las ventas” y J.B. Say consagró dogmáticamente como la “ley” de identidad entre la oferta y la demanda, en el supuesto que el aumento de costos originado por la ampliación de la escala productiva no reduciría los rendimientos del capital sino que sería siempre compensado por el aumento de la productividad originado con la multiplicación de la división del trabajo.

A partir de *las mismas premisas*, Marx vio, por el contrario, una lógica de desequilibrio o desproporción creciente —de acumulación, concentración y centralización de la producción y la propiedad capitalista— que conduciría a su entrapamiento como consecuencia de la reducción de su tasa de ganancias, de la libre competencia mercantil y de la propiedad privada que dicho proceso de monopolización implicaba, al aumentar la composición orgánica del capital.

Engels —siguiendo a Marx en este punto estratégico— llegó a decir que el comunismo sólo consistía en culminar revolucionariamente la labor histórica de expropiación iniciada —pero imposible de concluir— por el propio capitalismo. Lenin —coincidiendo en este punto con su adversario táctico Kautsky— concluyó a comienzos de nuestro siglo que el monopolio alcanzado en la fase actual del capitalismo era prácticamente el socialismo, apenas obstruido por la propiedad privada de un puñado de grandes monopolistas: era la víspera de la revolución socialista.

Lo que ahora quiero enfatizar es que los dos polos opuestos del discurso político moderno: liberalismo y socialismo (en sus versiones clásicas) partían de la misma premisa —aunque divergieran en las consecuen-

cias políticas que de ella se derivaban—, a saber: que el aumento de la productividad del trabajo dependía necesariamente del incremento acelerado de la división nacional e internacional del trabajo; que ella era la palanca no sólo de la formación del mercado y la producción mundial, sino de la globalización, mundialización o internacionalización de todas las esferas materiales y espirituales de la vida humana; de la igualación económico-social de su población por la extensión del trabajo asalariado y la concentración de la propiedad y el capital, así como de la democratización progresiva de la vida política, en proporción inversa a la decreciente importancia de los Estados nacionales con la internacionalización del mercado y la producción mundial.

Esta lógica común universalista del discurso liberal o del discurso socialista no es, por supuesto, un asunto de menor cuantía. El sueño kantiano (hecho en parte realidad) de una “historia universal” y de una “paz perpetua”, reside en la entraña misma del proyecto ilustrado moderno del saber (*episteme*) y del actuar (*ethos*), y el núcleo de su crítica no consiste en su mera descalificación superficial y externa como un todo, sino en el análisis immanente de sus aporías internas.

Consecuencias paradójicas:

- a) Aumento geométrico de los costos de producción al intensificarse el capital (“Aumento de la composición orgánica del capital” en el discurso marxiano o “Ley de los costes relativos crecientes” en el discurso clásico, neoclásico y keynesiano), y la consecuente “caída de la cuota de ganancias” o “Ley de los rendimientos (o utilidad marginal) decrecientes” del capital, con su secuela de crisis periódicas que tiende a frenar el aumento continuo de la productividad.
- b) Aumento creciente de la burocracia administrativa no productiva (inconcebible en la sociedad del trabajo imaginada por Smith o Marx), pero necesaria para vigilar y coordinar las decisiones sobre el proceso global imposibles de ser tomadas por los trabajadores especializados. Pero esta clase de crecimiento produjo un tipo de empresa piramidal (“modelo prusiano” lo llamará Drucker) que no sólo incrementa los costos de producción y reduce las ganancias del capitalista sino que aumenta la lentitud de las decisiones, reduce la velocidad de la rotación del capital y con ello frena el crecimiento de la propia productividad que constituye la palanca de un proceso de modernización.

- c) Mas allá de la fábrica, la centralización y concentración física que requieren la velocidad de las decisiones y el ahorro de costos, acaban turgurizando las urbes, al punto que la suciedad, los ruidos enloquecedores, la contaminación del ambiente, el embotellamiento del tránsito, la escasez de vivienda, la violencia delincuencial, el deterioro ecológico, etcétera, terminan no sólo sobredimensionando el aparato burocrático de administración pública de la calidad de vida urbana, sino transformándose en un nuevo coste que frena aún más al incremento de la productividad.
- d) La tecnificación basada en la especialización del trabajo en sus componentes simples, terminó agudizando la división entre el trabajo intelectual y manual, limitando los procesos de aprendizaje a un mero entrenamiento memorístico de operaciones repetitivas, que, al atrofiar nuestras aptitudes analíticas y sintéticas, dificulta inmensamente la creación y renovación tecnológica. Al mismo tiempo, dicha educación reducía toda capacidad de visión e intervención en la vida pública al trabajador, reproduciendo la necesidad de una representación burocrática que sustituye su participación directa en la vida política por un creciente régimen de clientelaje, desde el llamado “Socialismo real” hasta el “Estado de bienestar”.

Si bien muchos pensadores contemporáneos realizaron agudas observaciones y reflexiones parciales sobre el alarmante proceso de burocratización, autoritarismo y clientelaje oligárquico emergido en el mundo moderno contemporáneo —particularmente después del fascismo y el estalinismo— éste fue explicado como una excepcional perversión o excrecencia parasitaria no inmanente a la lógica misma del proyecto democrático moderno, o como una negación nihilista externa del proyecto ilustrado como un todo, de inexorables consecuencias pesimistas en la medida que no podía identificar con claridad la aporía específica de origen estructural que lo originaba.

Como agudamente señala el texto de Nelson, es aquí donde el desarrollo de los sistemas de comunicación interconectados (redes), comienza a problematizar las premisas técnicas sobre las cuales se incrementó la productividad en el pasado para desbordar la vieja estructura piramidal de la empresa y su lentitud paquidérmica de decisiones, dada por el manejo jerárquico y el secreto de la información, mediante una nueva estructura de racimos empresariales interconectados horizontalmente por una red.

A diferencia de la lectura anterior, se crean premisas para nuevas relaciones técnicas de producción que, en contraste con las primeras, se encuen-

tran basadas en el conocimiento y la información, lo cual problematiza y desborda la vieja diferenciación social entre el trabajo manual e intelectual, y la consecuente identidad obrero-artesano, no superada por la diferenciación técnica manufacturera.

Al formar parte de una red, el trabajo particular se ve integrado a una visión e intervención simultánea en el proceso global; ahora la "calificación" cada vez menos constituye una especialización simple y repetitiva (artesanal) y depende de la comprensión del sistema. Al depender el trabajo individual de una visión de conjunto, aparece una creciente abstracción e intelectualización del mismo. La masa y velocidad de la información de que se dispone conforme se acelera la rotación del capital, no puede ser ahora manejada por un saber simple y repetitivo. Ahora lo que se requiere es el desarrollo de la capacidad misma de aprendizaje, más que una habilidad o conocimiento específico. Nuestra noción misma del "proletariado" adquiere ahora una nueva luz.

Estos cambios en la noción básica del incremento de la productividad crean en consecuencia no sólo premisas técnicas sino sociales y políticas totalmente diferentes de aquellas que dieron origen a las formas de representación social y política basadas en minorías político-partidarias vanguardistas e ilustradas. Asimismo se quiebra el "secreto profesional del funcionario" despótico, entorno que hacía *prácticamente utópico* el ideal socialista de una sociedad sin Estado y sin clases, como una "asociación libre de productores".

Comienza a romperse no sólo la vieja "concepción prusiana" de la industrialización, sino también el llamado "modelo asiático" que caracterizó los procesos de industrialización de los países de tercer mundo, basados en proyectos políticos autoritarios y formas técnicas manufactureras de modernización, tanto "socialistas" (URSS, China, etcétera) como "capitalistas" (los llamados Tigres asiáticos, Japón, etcétera), los cuales requerían un régimen servil (de clientelaje) de relaciones laborales y mano de obra barata, basada no sólo en bajos salarios sino en un entrenamiento rudimentario.

b) Identificación de modernización y Estado autoritario

El discurso político de la modernidad se construyó desde Rousseau y Hobbes hasta sus encarnaciones perversas en Hitler y Stalin, sobre el trauma de la contradicción entre la sociedad civil y el Estado, entre el interés egoísta individual y el supuesto interés general, entre el individuo libre y el poder. En realidad, la autoritaria "razón de Estado" justificó su imposición sobre la

base de presentarse como la única forma viable de entrelazar la crecientemente compleja división técnica y social del trabajo. Tal es en última instancia el problema de la llamada "governabilidad".

La contraparte del proceso de individuación social moderna fue la separación y burocratización creciente del Estado con respecto a la llamada sociedad civil (Weber). La burocracia estatal fue idealizada como expresión del "interés general" para preservar a la sociedad de la selva de los intereses particulares que reinan en la sociedad civil (Hegel). El Estado fue visto, en el peor de los casos, como un mal menor frente al individuo egoísta. La búsqueda de un remedio conciliatorio fue, sin embargo, peor que la enfermedad: el régimen de democracia representativa devino en un régimen de clientelaje ("Estado de bienestar" y "democracias socialistas") y la creciente extinción del individuo libre originado con el mundo moderno.

Las consecuencias políticas no fueron así menos regresivas que las económicas:

- a) En primer lugar, la tendencia a frenar el proceso de individuación social. La inseguridad y el temor kafkiano frente al Estado es quizás el retrato más característico de nuestro siglo, pues el crecimiento del Leviatán moderno tiende a sustituir la ética protestante originaria de la responsabilidad individual, por la ética del premio-castigo, y al polizón distribuidor por el individuo productor. Finalmente el "trabajador" es sustituido por el "mendigo" y la "clase productora" es desintegrada en grupos corporativos gremiales, cuyos intereses dependen a su vez de las estrategias estatales de grupos monopólicos u oligárquicos de poder cuyos ingresos y ganancias no dependen de su productividad.
- b) En segundo lugar, la ausencia de individuación laboral desarrolla en la misma base de la sociedad una tendencia consecuente a frenar el aumento general de la productividad del trabajo cuando éste no es el criterio de distribución social (salario individual). Entonces la distribución se vuelve un privilegio de "grupo" (no un desarrollo de clase) que se obtiene por la cercanía o amenaza al poder y no una diferenciación social productiva que se obtiene por el trabajo. El salario deja de ser una relación social y apenas resulta una mera fórmula contable. El clientelaje y las burocracias son pues una consecuencia inexorable en *todos los niveles de la sociedad*.

Lo mismo sucede con la "ganancia". Hilferding y Lenin observaron con agudeza, aunque no con suficiente profundidad, que la *burguesía indus-*

trial comienza a ser sustituida progresivamente por una *oligarquía financiera* y ésta depende cada vez más del Estado (capitalismo monopolista de Estado). La expansión del "mercado mundial" no resulta así de una expansión de la productividad sino de un reparto "imperial" de zonas de influencia. Esta apariencia de expansión capitalista permitió preservar en el tercer mundo viejas oligarquías premodernas, "capitalistas" y "socialistas" según la ocasión. En lugar de "aburguesar" a los países atrasados, el capital reforzó oligarquías aristocráticas o tiranías plebeyas, perdiendo toda su función histórica civilizadora.

Pues bien, la expansión de los sistemas de comunicación electrónicos está permitiendo acelerar la rotación del capital, descosificando así el principal factor productivo que es la circulación de la información y el conocimiento. Ello tiende a desbordar en todos los sentidos los controles de los poderes locales, nacionales y regionales sobre el proceso productivo. Cada vez más es la velocidad de la comunicación y menos la planta física o la región geográfica (o las llamadas "ventajas comparativas naturales") lo que determina la productividad. Con la aceleración de la comunicación, tiende a intangibilizarse y globalizarse la masa dineraria. Y la velocidad de su circulación hace que la expansión de su masa dependa cada vez menos del control de los bancos de reserva nacionales como en el pasado y las transacciones tiendan a descosificarse (dinero electrónico).

Al descosificarse la principal fuerza productiva (con la creciente desartesanización de la fuerza de trabajo), el principal medio de producción (dependiente de la velocidad de circulación de la información) y el principal medio de circulación (con el dinero electrónico), el proceso productivo escapa cada vez más de los viejos marcos jurídicos y políticos en los que hasta hoy se venía delimitando la propiedad burguesa de los medios de producción. Las crisis desatadas por el incremento de la masa y velocidad del capital especulativo están hoy por completo fuera del control estatal nacional, como lo muestra la reciente crisis asiática y rusa.

Luego de la caída del ex bloque soviético se muestra con creciente evidencia cómo la no circulación de la comunicación e información es la fuente fundamental del entrapamiento de la productividad en los regímenes autoritarios que en el viejo paradigma parecían "eficientes". Ahora su lentitud burocrática no sólo los vuelve incapaces de controlar los procesos económicos, sino que su régimen social de clientelaje les impide atraer y controlar la mano de obra calificada, la cual tiende a migrar automáticamente hacia entornos sociales más democráticos que le permitan negociar y valorizar mejor su fuerza de trabajo. Dicha "fuga de talentos" se está convirtiendo hoy

en uno de los factores fundamentales del incremento constante del diferencial de productividad entre los países atrasados y avanzados.

c) Identificación de medios de comunicación y manipulación

Sobre la base de un uso representacionista del lenguaje, el mundo moderno desarrolló un discurso no comunicativo y autoritario que marcó fuertemente el desarrollo de los “medios de comunicación social” (diarios, telégrafo, radio, cine y TV). El conocimiento fue reducido a la información, es decir a un texto o mensaje de un emisor activo a un receptor pasivo o interlocutor inerte. Ello dio lugar al fenómeno moderno conocido como “propaganda” y “manipulación” en la vida social y política. El trabajador individual perdía toda capacidad de interlocución y de negociación frente a los grupos de poder. La llamada “opinión pública” (institucionalidad grupal) condenaba al silencio la opinión individual.

En este contexto la democracia se tornaba imposible. No era sólo el aspecto económico y político el que fallaba en el proyecto moderno, sino el hecho más básico de que éste se construía sobre una cultura que sólo era capaz de desarrollar discursos monológicos que hacían imposible el diálogo y la negociación. De ahí que los grupos críticos y contestatarios al régimen, y particularmente la crítica socialista, estaban condenados a dos alternativas: al *underground* o resistencia clandestina, o a la elaboración de un contradiscurso igualmente monológico y cargadamente mesiánico, correlacionado a un aparato de cuasi-guerra centralizado que era el partido político, necesarios para contrarrestar la fuerza del poder dominante. De ahí también el consecuente drama de los revolucionarios y liberadores cuando llegaban al poder, pues reproducían la misma —o más perversa aún— estructura jerárquica, oligárquica y autoritaria que habían combatido en la era prerrevolucionaria. Stalin, Polpot y Sendero mostraron que no eran excrecencias sino consecuencias.

Detrás del sistema internet asistimos a algo más que un aparato receptor. Lo fundamental de internet y las computadoras personales no es tanto el objeto tecnológico en sí. Como bien señala Nelson, “no hay que confundir el soporte técnico con el sistema mismo” (es decir en tanto “medio”), de la misma manera que no hay que confundir el soporte físico del dinero con el sistema de relaciones sociales que implica. Tenemos ahora un “televisor interactivo”, un hipertexto que supone un decodificador o interlocutor activo que participa en la construcción del texto comunicativo. Los ejemplos señalados por Nelson son deliciosos y me eximen de mayores relatos.

En realidad, está cambiando la esencia del problema. En los sistemas de redes, la creatividad del individuo como interlocutor reconocido es el insumo fundamental de la productividad. Desde el punto de vista cultural, si en los sistemas de comunicación anteriores, el texto contestatario estaba condenado a la marginalidad (*underground*), ahora millones comienzan a tener voz ante millones.

d) Identificación de educación e instrucción

Los cambios paradigmáticos conllevan también una revolución decisiva en la noción de educación, análoga a la de productividad. Aquí también el proceso de individuación social es una condición necesaria.

La vieja noción de productividad se encontraba íntimamente ligada a la noción artesanal de educación como "entrenamiento" o "instrucción". En los anteriores sistemas educativos, el conductismo, el pragmatismo y la reflexología eran hijas ideológicas directas de las nociones fordistas y tayloristas de incremento de la productividad (multiplicación del trabajo simple y repetitivo). Su objetivo era entrenar nuestros reflejos condicionados puntuales o nuestras *respuestas automáticas*, no nuestra capacidad analítica de interlocutores.

La instrucción era para obedecer, no para crear; era autoritaria y alienante de las capacidades humanas. La escuela militar era el símbolo de dicha educación exigente. Se educaba al individuo para una ética de premio-castigo (como los perros de Pavlov), no una ética de la responsabilidad individual (la "criollada" era el escape). La vigilancia del instructor-docente era la clave. Esto hacía imposible desarrollar la *ilustración* en los procesos de modernización en el tercer mundo, por más recursos que se invirtieran en la educación pública y por más masiva que ésta fuese.

En los sistemas de comunicación en redes, la noción de productividad depende de la capacidad de creación y decisión individual, y ésta es imposible de desarrollar en condiciones de un régimen social de producción y educación servil. Asistimos a los comienzos del agotamiento de los modelos educativos autoritarios como modelos de "eficiencia".

Con la expansión de las redes informáticas, la masa y velocidad de la información disponible —que se duplica cada cuatro años— ya no puede ser abordada mediante la simple memorización de instrucciones simples y repetitivas definitivas. Ello replantea la noción misma de "aprendizaje" en un nivel más abstracto. La noción de educación refiere ahora no al desarrollo de

un aprendizaje concreto sino al desarrollo de la sola capacidad de aprendizaje continuo. Ello acentúa el proceso de individuación educativa. Es sólo en tales condiciones que comienza a hacerse visible el ideal de una asociación libre de productores; de lo contrario, la comparación de Foucault entre la escuela, el ejército, la cárcel y el manicomio seguirá vigente.

Conclusión

El mundo moderno fue construido sobre la base de un peculiar paradigma del saber (cientificidad) y del actuar (eticidad), brevemente resumido en el célebre apotegma de Bacon: “saber es poder”.

Más allá de los estados de ánimo triunfalistas que hoy invaden a los partidarios políticos del capitalismo a fines del siglo XX, es el propio paradigma moderno el que hoy está siendo problematizado. Aún así, ello no resulte evidente en su superficie política por el hecho de que estamos en el comienzo de una crítica más radical y profunda del orden existente que aquella que plantearon las revoluciones políticas anticapitalistas de fines del siglo XIX y comienzos del XX.

Como bien señaló Kant a propósito de la revolución francesa, “Mediante una revolución acaso se logre derrocar el despotismo personal y acabar con la opresión económica o política, pero nunca se consigue la verdadera reforma de la manera de pensar; sino que, nuevos prejuicios, en lugar de los antiguos, servirán de riendas para conducir el gran tropel”.

Aquellas generaciones que fuimos hasta el pasado inmediato críticos del orden social existente e hicimos caso omiso de esta advertencia kantiana, reduciendo la crítica y solución de los problemas originados en el orden social existente a una mera cuestión de transformación del poder político, terminamos reproduciendo –de manera más perversa aún– los mismos vicios del viejo orden social que criticábamos y fuimos las primeras víctimas de nuestra propia limitación crítica. Nuestra falta de radicalidad dejó intocados los prejuicios modernos sobre el *saber* y el *actuar* que terminaron finalmente por consolidar el sistema y devorarnos.

He hecho una reseña muy ajustada y groseramente esquemática de un proceso profundo y complejo del que, por supuesto, no alcanzo a ver hoy todos sus horizontes. Hay muchísimos elementos que se me escapan, o que en estos momentos soy todavía incapaz de tematizar, pero lo dicho puede ser suficiente para mostrar que hay buenas razones para suponer que se trata de un texto sugerente, y que no lo alabo sólo porque su autor sea mi amigo.

Es más, dicho texto me sugiere que sólo podemos visualizar en su conjunto la magnitud del cambio operado si emprendemos sin temores, sin censuras pasatistas y con coraje intelectual, una reconstrucción general del paradigma socialista en tanto punto de vista crítico y superador de las contradicciones que origina el orden social actualmente existente. Sólo en dicha perspectiva podremos restablecer un diálogo social y político con las jóvenes generaciones de fuerzas productivas que están emergiendo ¿No fue acaso esa misma mirada hacia el futuro lo que caracterizó a mediados del siglo XIX el legendario *Manifiesto Comunista* de Marx?

Un cambio en nuestro paradigma de ciencia

Se terminó de imprimir en el mes de agosto de 1999

en los talleres de **Línea y Punto S.A.**

Av. Arnaldo Márquez 2250, Jesús María,

Tlf. 463-6355 / Lima Perú.

Este libro reúne un conjunto de ensayos e investigaciones que exploran los límites del paradigma moderno de ciencia, o más específicamente de la ideología positivista que lo envolvió hasta mediados del siglo XX. Luego de rastrear la evolución conceptual que va de la Física moderna a la contemporánea, sugiere el desarrollo de una profunda revolución que se estaría produciendo a finales del presente siglo en nuestra concepción filosófica de la ciencia. Tal cambio podría proporcionar la posibilidad de pensar de una manera más atrevida y menos conservadora un nuevo paradigma de cientificidad, de impredecibles consecuencias para la vida de nuestra comunidad, y con ello, también nuestra propia modernización social.

El desarrollo de la ciencia requiere de un contexto sociocultural en el cual el pensamiento crítico y la actitud investigadora sean un hábito mental cotidiano y respetable no sólo en los círculos académicos, sino desde la educación pública básica y la vida cultural, económica y política. Dicha comprensión de la ciencia encierra una de las claves más importantes para encarar las complejas dificultades que hemos enfrentado históricamente para la modernización de nuestras sociedades.

SERIE



CIENCIAS