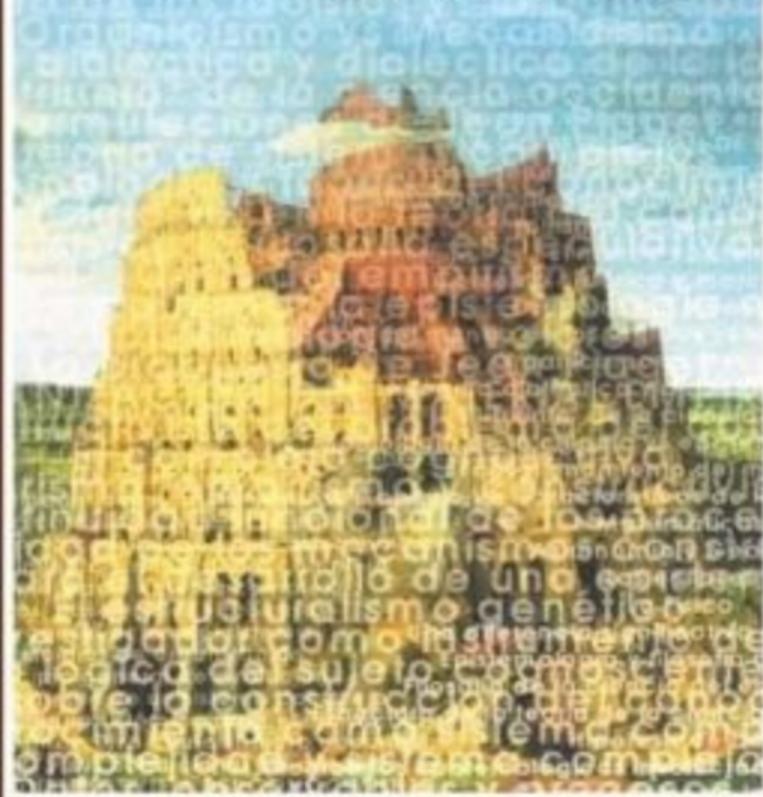


Filosofía de la Ciencia

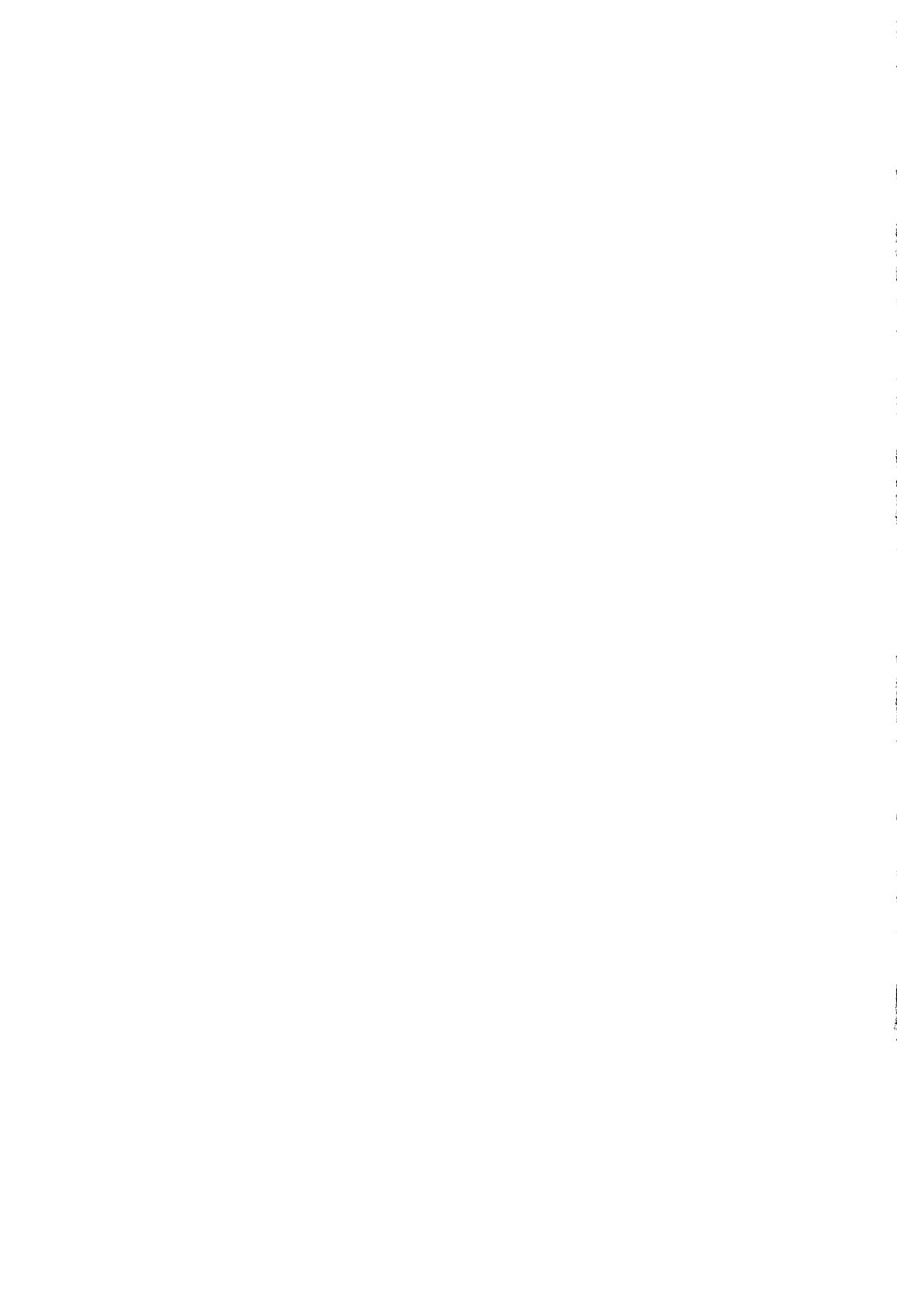
Rolando García

El conocimiento en construcción

*De las formulaciones de Jean Piaget
a la teoría de sistemas complejos*



gedisa
editorial



Rolando García

EL CONOCIMIENTO EN CONSTRUCCION

Colección: CLA•DE•MA
FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

**Editorial Gedisa ofrece
los siguientes títulos sobre**

**HISTORIA DE LA CIENCIA Y
EPISTEMOLOGIA**

- ROLANDO GARCÍA** *El conocimiento en construcción*
De las formulaciones de Jean Piaget a
la teoría de sistemas complejos
- ROLANDO GARCÍA** *La epistemología genética*
(COORDINADOR GENERAL) *y la ciencia contemporánea*
- MANUEL GIL ANTÓN** *Conocimiento científico*
y acción social
- MARCELO PAKMAN (COMP.)** *Construcciones de la experiencia*
humana (vol. I)
- MARCELO PAKMAN (COMP.)** *Construcciones de la experiencia*
humana (vol. II)
- J. PIAGET Y R. GARCÍA** *Hacia una lógica de*
significaciones
- DONALD DAVIDSON** *De la verdad y de la*
interpretación
- I. BERNARD COHEN** *Revolución de la ciencia*
- LUDOVICO GEYMONAT** *Límites actuales de la*
filosofía de la ciencia
- PHILIPPE ROQUEPLO** *El reparto del saber*
- ALBERT JACQUARD** *La ciencia, ¿una amenaza?*

EL CONOCIMIENTO EN CONSTRUCCION

*De las formulaciones de Jean Piaget
a la teoría de sistemas complejos*

Rolando García

gedisa
editorial



FACULTAD DE CIENCIAS
POLITICAS Y SOCIALES

Diseño de cubierta: Juan Santana

BD165
G38

CP. 189441

Primera edición, julio del 2000, Barcelona

Derechos reservados para todas las ediciones

© Editorial Gedisa, 2000
Paseo Bonanova, 9, 1ª 1ª
08022 Barcelona, España
Tel. 93 253 09 04
Fax 93 253 09 05
correo electrónico: gedisa@gedisa.com
<http://w.w.gedisa.com>

ISBN: 84-7432-811-X
Depósito legal: B-48067-2005 E.U.

Printed by Publidisa

Queda prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio de impresión, en forma idéntica, extractada o modificada, en castellano o cualquier otro idioma.

Indice

CP

189441

PREFACIO 11

1. Introducción: Epistemología y teoría del conocimiento	15
La crisis del siglo xx en la teoría del conocimiento	15
Crisis de la filosofía especulativa.....	16
Crisis del empirismo	22
Al rescate del empirismo: la epistemología naturalizada	27
Epistemología y valores	30
La propuesta de Jean Piaget.....	33

PRIMERA PARTE: ORGANIZACIÓN DEL MATERIAL EMPÍRICO..... 37

2. Planteo constructivista del problema del conocimiento	39
El complejo cognoscitivo	39
Apriorismo, empirismo y constructivismo	45
El principio de continuidad funcional de los procesos constructivos	47
Generalidad de los mecanismos constructivos	49
Bases metodológicas para el desarrollo de una epistemología constructivista	49
El estructuralismo genético	52
La lógica del investigador como instrumento de investigación	56
La lógica del sujeto cognoscente.....	57
Siete tesis sobre la construcción del conocimiento	60
3. El conocimiento como sistema complejo	65
Complejidad y sistema complejo	66

Datos, observables y procesos	69
La construcción del sistema	70
Principios de organización	74
Principio general de evolución	76
Funcionamiento de un sistema complejo.....	79
Relevancia del enfoque sistémico para el constructivismo	83
El sistema cognoscitivo como sistema complejo.....	85
El sistema C y sus condiciones de contorno	86

SEGUNDA PARTE: LA TEORÍA CONSTRUCTIVISTA

DEL CONOCIMIENTO	93
4. Los procesos cognoscitivos	95
Los procesos funcionales básicos	97
Formas primarias de interacción: constataciones e inferencias.....	99
Contenido y forma en los procesos iniciales de organización.....	102
Procesos constructivos elementales	103
Abstracción	103
Generalización	104
Las formas constructivas más generales: correspondencias y transformaciones	106
Fases constructivas y mecanismos generales de construcción de conocimiento	108
Formas organizativas y estructuras	109
5. Dinámica de los procesos constructivos.....	115
La teoría de la equilibración	116
Primera versión de la teoría de equilibración	117
Segunda versión de la teoría de equilibración	121
Procesos estructurantes y estados estructurados.....	125
Las fases dialécticas de la construcción (estructurantes).....	130
Las fases estructuradas	133
El modelo general de la equilibración.....	136
Diagrama del modelo general	138
Asimilación, equilibración, y el proceso general de desarrollo	139

Revisión del desarrollo de la teoría de equilibración	143
Tercera versión de la equilibración.....	146
TERCERA PARTE: LA CONSTRUCCIÓN DE LA CIENCIA	151
6. Sociogénesis del conocimiento científico	153
La historia de la ciencia como material empírico de base	153
Empirismo vs ciencia empírica	155
El marco epistémico	156
Contexto histórico y marco epistémico	158
Organicismo y causalidad.....	160
La concepción del mundo de los taoístas vs la concepción aristotélico-tomista	162
Organicismo vs mecanicismo	164
Lógica dialéctica y dialéctica de la lógica	167
El “triunfo” de la ciencia occidental	169
Sociología de la ciencia vs epistemología de la ciencia	170
El cuestionamiento del mecanicismo	173
Apéndice: Características de la ciencia y la tecnología chinas	178
Matemáticas	181
Astronomía y Geodesia	183
Los eclipses	185
La Física.....	185
El concepto de explicación: una diferencia significativa con Occidente	187
7. Epistemología y Filosofía de la Ciencia	189
La Filosofía de la Ciencia del empirismo lógico	192
Estructura de la teoría de la ciencia del empirismo lógico	192
Hipótesis de base	192
Dicotomías epistemológicas involucradas en la hipótesis de base	192
Componentes de la teoría	193
Características de la ciencia resultante	193
Corrientes post-empiristas	200
El concepto de explicación	204

La construcción de la realidad	207
Apéndice: Teorías y observaciones en el conocimiento del mundo físico	210
El sistema del mundo	210
El vacío.....	216
La fuerza y el movimiento	218
La energía	220
8. La epistemología constructivista frente a la física contemporánea	223
Representatividad	227
La causalidad y la objetividad de las teorías físicas	228
El rol de las estructuras lógico-matemáticas en la construcción de la teoría física	230
Apéndice: Análisis constructivista de las nociones de espacio y tiempo	238
Epistemología del espacio	238
Epistemología del tiempo	243
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	247

Prefacio

La tarea de los exploradores, abriendo picadas en la selva, difiere de la tarea de los que vienen detrás, construyendo los caminos, buscando trayectos más apropiados y expandiendo las áreas que cubren las rutas. Piaget fue un incansable explorador que durante seis décadas de ininterrumpida labor investigadora abrió nuevos dominios al conocimiento y creó nuevas disciplinas para penetrar en ellos.

A quienes vinimos detrás, habiéndolo acompañado en algún tramo de sus exploraciones, nos corresponde, en la medida de nuestras fuerzas, y como homenaje al maestro, hacer el esfuerzo necesario para pulir el camino y expandirlo.

La presente obra responde a esa auto-asignada obligación, y a ella le es aplicable la metáfora muchas veces repetida según la cual, si somos capaces a veces de ver más lejos, es porque estamos subidos sobre los hombros de nuestros predecesores.

En tal sentido, este libro no se limita a ser una exposición y una síntesis de la epistemología piagetiana (aunque esté “subida sobre sus hombros”) sino que tiene por objetivo su reformulación, presentándola como una teoría científica integrada, e intentando actualizarla y extenderla en áreas que quedaron necesariamente inconclusas.

Sin embargo, para que tal reformulación de la propuesta de Jean Piaget, muy centrada en el análisis de los resultados de la investigación psicogenética, resultara consistente para los epistemólogos, fue necesario proceder a una integración y sistematización de su frondosa producción y a un reordenamiento de sus conceptos fundamentales.

Acusado simultáneamente de biologismo, de psicologismo o de apriorismo, la teoría epistemológica de Jean Piaget parece

difícilmente defendible. Sin embargo, un reordenamiento y una reinterpretación de sus conceptos epistemológicos básicos —tal como proponemos aquí— a partir de una teoría de sistemas complejos (la cual no es un mero ejercicio especulativo sino que la hemos desarrollado sobre la base de proyectos de investigación en otros dominios, citados en la bibliografía, en un esfuerzo sistemático de análisis de casos concretos) puede ofrecer, y así lo defendemos, fructífera base para una epistemología constructivista, interdisciplinaria y con rigor científico.

El libro parte de las relaciones entre la filosofía y la ciencia durante el siglo xx y concluye con un análisis de la polémica entre los dos gigantes de la Física: Albert Einstein y Niels Bohr. La polémica se situó en el campo de la Física. Sin embargo, no fue un conflicto entre teorías físicas alternativas ni una disputa dentro de una teoría física acerca de la validez de sus respectivos resultados. Fue una polémica acerca del significado y el alcance epistemológico de una teoría: la teoría cuántica. El problema de la “realidad” (¿qué es la realidad y qué conocemos de ella?; ¿qué es lo que la teoría física nos dice acerca de la realidad?) fue el centro de las discusiones. Lo he puesto como culminación de la obra porque no es una polémica que afecte sólo a la Física sino al conjunto de las relaciones entre conocimiento científico y epistemología.

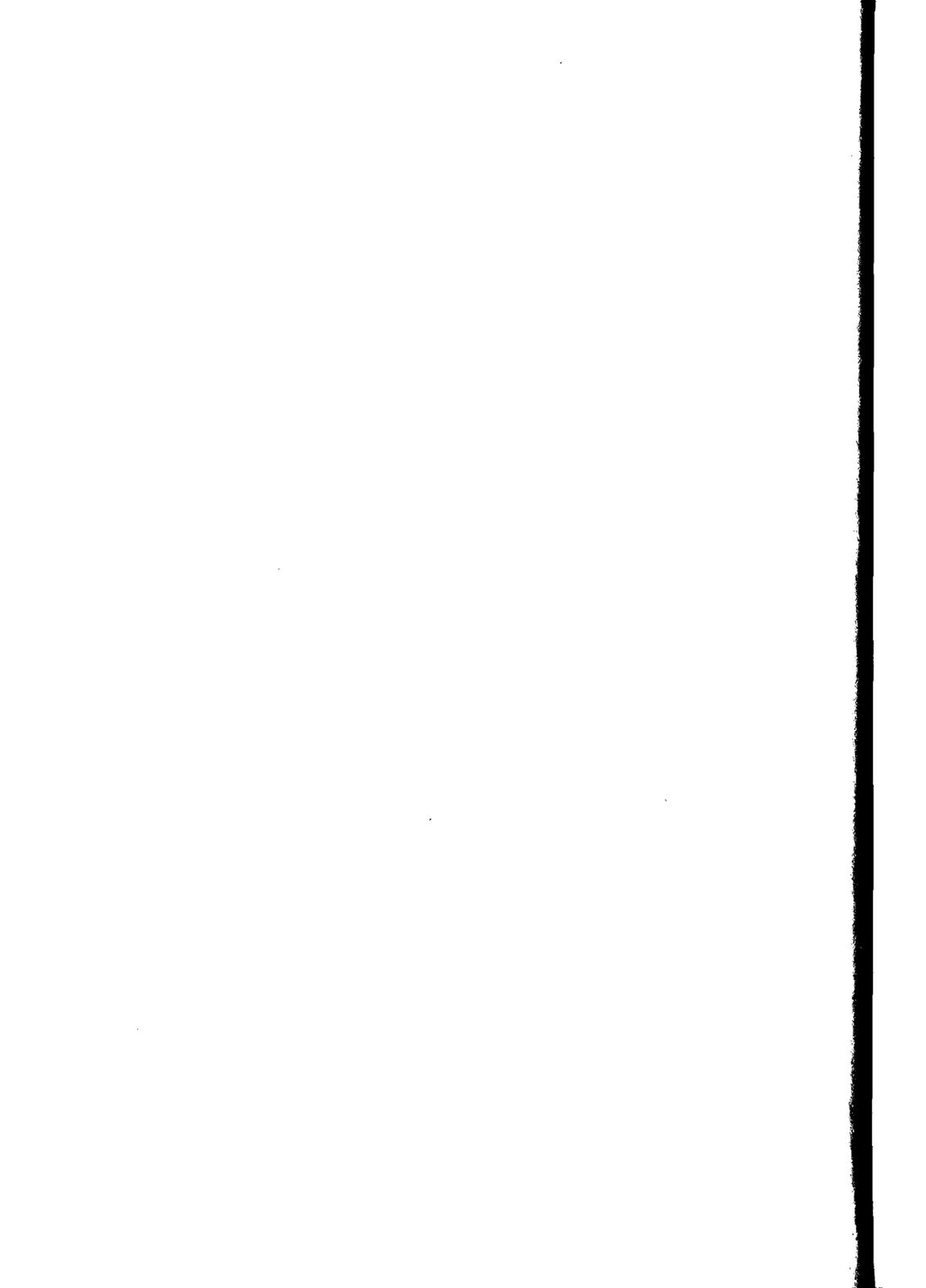
La Física del siglo xx ha presentado desafíos inéditos a cualquier reflexión epistemológica. Frente al colapso de las interpretaciones empiristas y apriorísticas, una posición radicalmente interaccionista y constructivista como la de Jean Piaget resulta una importante vía de solución que permite evitar las posiciones anti-racionalistas de filósofos sin formación científica previa.

Para entender la significación del debate es preciso reconstruir algunos momentos clave de la historia entre ciencia y filosofía, así como discutir las relaciones actuales entre epistemología y teoría del conocimiento, epistemología y filosofía de la ciencia, y epistemología y sociología del conocimiento científico.

Mi simultánea participación tanto en los desarrollos de la teoría física en Física (dada mi especialización en física de la atmósfera) como en la teoría epistemológica (primero como alumno de Carnap y Reichenbach, en E.U.A. y luego

como colaborador de Piaget en Suiza) me permiten hablar con conocimiento de causa de ambos campos.

Los trabajos que realicé en dinámica y termodinámica de fluidos —un campo un tanto alejado de las teorías de las partículas elementales que dominó la Física del siglo xx—, me permitió abordar la termodinámica de procesos irreversibles y la auto-organización de sistemas. Con ese *background* teórico pude reconocer desde mis primeros contactos con Piaget, en Ginebra, que él se había anticipado varias décadas en sus investigaciones epistemológicas a las teorías de Prigogine. De allí salió mi preocupación por la Teoría de los Sistemas Complejos y por el estudio de la evolución de los sistemas naturales por reorganizaciones sucesivas, que constituyen el enfoque conceptual desde el cual propongo la reformulación de la epistemología constructivista que presento en este libro.



1

Introducción Epistemología y teoría del conocimiento

Las crisis del siglo xx en la teoría del conocimiento

“Epistemología” y “Teoría del conocimiento” son expresiones que suelen ser utilizadas como si fueran intercambiables, pero no son sinónimas. Las diferencias obedecen a razones históricas.

Piaget utilizó el término “epistemología” para referirse a su concepción del conocimiento. Rara vez usó la expresión “teoría del conocimiento”. Esta elección no fue arbitraria. La adopción del término tiene fundamentos teóricos.

La teoría del conocimiento formó parte de la filosofía a lo largo de toda su historia. Por su parte, el término “épistémologie” (epistemología) fue introducido en el idioma francés en 1901. Según el *Diccionario histórico de la lengua francesa*,¹ se atribuye su primera utilización a la traducción de la obra de Bertrand Russell *An Essay on the Foundations of Geometry*,² señalando que “se tomó prestado” (c’est un emprunt) del término inglés “epistemology”, el cual a su vez “se formó para traducir del alemán Wissenschaftslehre” con la significación de *teoría del conocimiento científico*. El diccionario aclara finalmente que “el término es introducido en francés para designar el estudio crítico de las ciencias, dirigido a determinar su valor, su fundamento lógico y su campo de acción”.

No es por azar que el término surge en un período que abarca el fin del siglo XIX y los comienzos del siglo XX, con la definición antes citada que lo diferencia de una teoría general del conocimiento. El hecho tiene importantes implicaciones para la historia de la filosofía porque expresa una de las mayores revoluciones en el campo del pensamiento (sólo comparable a la revolución científica que culminó en el siglo XVII), aunque en su momento haya pasado prácticamente inadvertido en los medios académicos. Los grandes protagonistas de esa revolución fueron, en primer término, la Lógica y la Matemática, en la segunda mitad del siglo XIX; luego fue la Física, ya en el siglo XX, con la Relatividad y la Mecánica Cuántica. Pero no se trató únicamente de una revolución dentro del campo de esas disciplinas. Los conceptos básicos de todas las ciencias, de todo nuestro conocimiento de eso que llamamos “el mundo exterior”, “la naturaleza”, “la realidad”, tuvieron que ser reconsiderados.

Crisis de la filosofía especulativa

La filosofía especulativa, que durante toda la historia había sido considerada depositaria del derecho y la responsabilidad de dictaminar sobre la naturaleza del espacio, del tiempo y de la causalidad, sobre el significado de la lógica, de las matemáticas, sobre el concepto mismo de teoría científica, se vio forzada a ceder ese terreno a la ciencia. Este retroceso de la filosofía especulativa podría considerarse *el primer gran derrumbe epistemológico del siglo*.

No se trata de reprochar a la filosofía el haberse apropiado de esos temas. No es posible tampoco pensar en un súbito y meditado reemplazo de la filosofía por la ciencia. La transición fue gradual, y en algunos aspectos no claramente demarcada. En los dominios de la matemática, por ejemplo, la situación fue señalada con suficiente equidad por Bertrand Russell en su prólogo a la *Introducción a la filosofía matemática*:³

Mucho de lo que se expone en los capítulos que siguen no puede ser llamado exactamente “filosofía”, aunque los asuntos que comprende esa exposición hayan estado incluidos en la filosofía mientras no existió una satisfactoria concepción científica de los mismos. La naturaleza del infinito y de la continuidad, por

ejemplo, formó parte de la filosofía anteriormente, pero ahora pertenece a la matemática.⁴

Por otra parte, Russell dio un elocuente testimonio de esas graduales transiciones. En sus notas autobiográficas tituladas "My mental development",⁵ cuando se refiere a su participación en el Congreso Internacional de Filosofía de 1900, hace la siguiente declaración con respecto al famoso sistema axiomático que presentó Peano para definir el número natural:

Fui impresionado por el hecho de que, en todas las discusiones, Peano y sus discípulos tenían una precisión que no poseían los demás. Por eso le pedí sus obras (...) Tan pronto como dominé su notación, vi que con ella se extendía la región de la precisión matemática retrayéndola hacia regiones que habían sido abandonadas a la vaguedad filosófica.⁶

No es posible analizar aquí la manera en que esta revolución científica impactó en cada uno de los sistemas filosóficos. Es suficiente con señalar algunos aspectos del colapso de la concepción de la ciencia proveniente de la filosofía, centrando el análisis en quien ha sido considerado el más importante representante de la filosofía moderna: Emanuel Kant.

Kant realizó una contribución de trascendental importancia a la teoría del conocimiento al poner de manifiesto el papel esencial que corresponde al sujeto (es decir, a la razón humana) en el proceso de organización de sus interacciones con el mundo físico. La concepción del conocimiento como producto de las interacciones entre el sujeto y el objeto fue la más importante contribución de Kant a la historia de la filosofía. Desde Kant, no se pudo ignorar la activa participación del sujeto en la construcción del conocimiento. Por eso su valor es permanente y constituye también una base fundamental de la epistemología constructivista. Lo que no sobrevivió al desarrollo de la ciencia fue la explicación que dio Kant en su *Crítica de la razón pura*⁷ acerca de cómo esas interacciones generan el conocimiento del mundo físico. Por eso se ha dicho que de Kant hay que tomar en cuenta las preguntas, pero no las respuestas.

Kant creyó haber logrado un puente entre el racionalismo y el empirismo, postulando una síntesis según la cual las

intuiciones puras y lo que él llama “las categorías del entendimiento” establecen las condiciones que organizan la materia prima de las impresiones sensoriales, ordenándolas en el espacio y el tiempo, así como en relaciones *causales*. Hay por consiguiente, para Kant, una forma única de concebir el espacio y el tiempo, porque dichas formas provienen de síntesis a priori que se imponen al entendimiento sin que ninguna nueva experiencia o especulación pudiera cambiarlas. Pero sus características habían sido establecidas por la ciencia —la ciencia de la época de Kant— y no podían ser otras. Había un espacio absoluto y un tiempo absoluto, y en ellos ocurrían los fenómenos físicos tal como lo explicaba la mecánica de Newton. Las relaciones espaciales no podían ser otras que aquellas descritas por la geometría de Euclides. Por otra parte, Kant consideraba que la lógica no había tenido ningún desarrollo significativo después de Aristóteles. Hay, además, para Kant, conceptos subjetivos que, si bien se aplican a todo lo que llamamos *experiencia*, son integrantes de nuestra constitución mental y, por consiguiente, a priori. Estos conceptos subjetivos están agrupados en cuatro tríadas de cantidad, cualidad, relación y modalidad. En estas doce *categorías* (o principios puros del entendimiento) quedaba involucrado el tema central de la filosofía de la ciencia que es la *causalidad*. Su análisis de las categorías deriva del silogismo aristotélico.

De esta manera, la teoría del conocimiento de Kant quedó sustentada en la ciencia de la época: Aristóteles, Euclides, Newton. Lo que Kant no pudo prever fue que esa ciencia no era inmutable: treinta años después de presentar su teoría como un sistema final, acabado, las geometrías no euclidianas de Bolyai y Lobatchewski derrumbaron la concepción del espacio como síntesis a priori, al introducir por primera vez la distinción entre las geometrías como disciplinas teóricas, de las cuales hay una pluralidad, y el espacio físico cuyas características no podían ser descubiertas por pura especulación filosófica sino ser establecidas por la ciencia empírica. Einstein habría de demostrar que estas características no se adaptaban a la geometría de Euclides, pero sí estaban representadas por una de las geometrías no-euclidianas que habían sido concebidas teóricamente. Su teoría de la relatividad pondría también en evidencia que, a muy grandes velocidades (próximas a la

velocidad de la luz), las relaciones temporales no eran representables intuitivamente.

Paralelamente con esos desarrollos, la lógica formal, en un movimiento que culminaría en Frege y en Russell, sufriría una total transformación dentro de la cual la silogística aristotélica ocuparía un lugar secundario, considerado apenas como un importante referente histórico. Y para completar el panorama, mencionaremos sólo que los problemas del infinito en las matemáticas (a los cuales hace referencia Russell en el texto antes citado), que tanto habían preocupado a los filósofos, quedaron fuera del alcance de sus especulaciones con el desarrollo del álgebra a fines del siglo XIX y, en particular, con la obra de Cantor.

Queda así justificado que hayamos designado como “derumbe epistemológico” al colapso de las explicaciones que había elaborado la filosofía especulativa para fundamentar la ciencia.

No fue el caso de que la filosofía haya reaccionado de inmediato ante esa situación, o que la mayoría de los filósofos se percataran de los alcances y de la profundidad de esa revolución. Hubo filósofos que sí lo advirtieron pero tuvieron una actitud de rechazo. Henri Bergson, considerado el más importante filósofo francés de la época, se atrevió a publicar un libro⁸ en el cual la emprende contra la teoría de la relatividad e intenta demostrar los “errores” de Einstein sobre el concepto de tiempo (en particular con respecto a “la relatividad de la simultaneidad” que Einstein hace depender de los sistemas de referencia). Einstein no contestó directamente a Bergson, sino a través de una carta a un amigo común, en la cual dice: “Es lamentable que Bergson se equivoque tan gravemente. Su error es de orden puramente físico, e independiente de toda discusión entre escuelas filosóficas”.⁹

La teoría general del conocimiento sustentada en los medios académicos en la primera mitad del siglo fue recibiendo, indudablemente, el impacto de la situación que hemos descrito. Diversos sectores de la Filosofía intentaron construir puentes entre las nuevas conceptualizaciones de la ciencia y las elucubraciones de los grandes sistemas filosóficos, pero el abismo entre las fundamentaciones que se ofrecían para el conocimiento común (pre-científico) y las conceptuali-

zaciones y teorías de la ciencia se fue profundizando. En este contexto, fue inevitable que en los cursos de filosofía del mundo académico, quedara una "teoría del conocimiento" que ignoró los serios problemas de fundamentación que presentaba la ciencia surgida de aquella revolución. Como contraparte, en los cursos de Filosofía de la Ciencia, que estuvieron a cargo de científicos, se analizaron los nuevos conceptos y teorías, pero sin conexión con una *teoría general* del conocimiento.

Para quienes provenían del campo de la ciencia quedó cada vez más claro que la filosofía especulativa, cuyos sistemas se basaban en "ideas puras", "intuiciones", "esencias", "universales" o cualquier otra forma de *apriorismo*, fracasaba en sus intentos de fundamentar la nueva ciencia. Por otra parte, si bien dicha situación parecía mostrar la necesidad de buscar un apoyo sólido en "la experiencia", las corrientes empiristas, desde el empirismo inglés de los siglos xvii y xviii, hasta los empiristas alemanes de la época de Mach, a fines del xix y principios del xx, no ofrecían bases suficientes para una teoría general del conocimiento. El tema convocó a físicos, matemáticos, lógicos, biólogos, sociólogos y filósofos con sólida formación científica quienes, en forma individual o asociados en grupos que devinieron célebres, acometieron la empresa de formular un *empirismo científico* riguroso, desde el cual realizar un estudio crítico de la ciencia, analizar sus fundamentos y dar una respuesta racional a los problemas generales del conocimiento.

Baste con citar los nombres de Bertrand Russell, de Karl Popper o W. V. Quine, como ejemplos de filósofos que individualmente ejercieron una enorme influencia, o mencionar a los grupos conocidos como Círculo de Viena y Círculo de Berlín, para dar una idea de la magnitud y el nivel de los esfuerzos realizados por las corrientes empiristas en la primera mitad del siglo xx. No es necesario ampliar la lista para percibir que en ninguna otra época de la humanidad el análisis de los problemas del conocimiento contó con tal convergencia de contribuciones provenientes de los más altos niveles del pensamiento científico y filosófico.

No cabe duda de que en ese período se realizaron aportes de trascendental importancia para clarificar conceptos fundamentales de la ciencia. Sin embargo, su reacción contra la

filosofía especulativa fue excesiva. Desde el empirismo lógico, que fue la forma a la vez más avanzada y extrema de esas corrientes, se lanzó una draconiana ofensiva antimetafísica que implicaba una severa amputación de la Filosofía, a través de una teoría de la significación que negaba sentido a toda proposición que no cumpliera con reglas estrictas de verificabilidad. El fundamento último de toda proposición significativa y a fortiori de todo enunciado científico estaba en la experiencia sensorial.¹⁰

Es en ese contexto donde entra en escena la *Epistemología Genética*. Piaget utilizó el término “epistemología” para referirse a su concepción del conocimiento. Rara vez usó la expresión “teoría del conocimiento”. Esta elección no fue arbitraria. Por el contrario, la adopción del término tuvo fundamentos teóricos que, para ser comprendidos, requieren la consideración del contexto histórico que acabo de mencionar.

Piaget coincide con el empirismo en negarle a la filosofía especulativa capacidad para fundamentar tanto el conocimiento científico como los conceptos más básicos del conocimiento común (espacio, tiempo, causalidad). Pero reivindica la función de la filosofía, en su impactante libro *Sagesse et illusions de la philosophie*¹¹ (traducido como *Sabiduría e ilusiones de la filosofía*). En el debate donde se discutió el libro mencionado, con la participación, entre otros, de Paul Ricoeur, Paul Fraisse y René Zazzo, Piaget aclara su posición frente a este problema cuando niega que sea posible establecer una división tajante entre ciencia y filosofía, y afirma que “la filosofía ha sido la matriz de la ciencia, y continúa siendo sin duda la matriz de ciencias y de nuevas perspectivas que hoy no podemos aún entrever, pero sólo lo será en la medida en que no se encierre en sistemas y no crea que genera el conocimiento”.¹² Por otra parte, Piaget valoriza al mismo tiempo una actividad que se ocupa de problemas “mucho más amplios que el conocimiento, y que conciernen al sentido de la vida, la posición del hombre frente al universo o frente a la sociedad”, los cuales, declara, “rebasan no sólo la ciencia sino el conocimiento en general”, puesto que en ese caso no se trata únicamente de conocer, “se trata de decisiones, de obligaciones, de tomar partido”. Aquí interviene “una mezcla de información, de síntesis de todo lo que uno puede conocer”, pero también actitudes y compromisos

que “sobrepasan el conocimiento”. A esto Piaget llamó “sagesse” que no es traducible precisamente por “sabiduría”, a menos que se aclare que allí participa también lo que suele llamarse “la sabiduría del sentido común”.

Con estas consideraciones Piaget establece los límites de su coincidencia con el empirismo lógico: concuerda en negarle a la filosofía injerencia alguna en la dilucidación de los problemas de fundamentación del conocimiento, pero rechaza su propuesta empirista y, particularmente, la teoría del significado en la cual se basa.

Crisis del empirismo

Piaget coincide con el empirismo lógico en la reivindicación de la teoría del conocimiento como dominio exclusivo de la ciencia. Sin embargo, es en este mismo campo donde sus diferencias son más profundas. La situación tiene carácter paradójico puesto que ambas posiciones adjudican a la ciencia el papel de juez y sin embargo las diferencias no pudieron ser dilucidadas dentro del campo de la ciencia. Este será precisamente el punto en el cual Piaget concentrará su ataque contra todas las formas de empirismo. Su argumento es sólido. Tomemos por ejemplo, como referencia, la formulación de Reichenbach que parece sintetizar el “credo” común de todo empirismo: “la observación sensorial es la fuente primera y el juez último de todo conocimiento”.¹³ La pregunta que formuló Piaget a este respecto quedó sin respuesta: ¿cuáles son las observaciones, las experiencias, las evidencias empíricas, que han permitido sustentar la afirmación de que efectivamente la observación sensorial es la fuente primaria del conocimiento?

La ausencia de respuesta dio pie al comentario irónico de Piaget: “El empirismo nunca pudo demostrar empíricamente los fundamentos de su posición”. Más importante que esa ironía es el hecho de que la escuela ginebrina haya podido montar una impresionante cantidad de experiencias, en el marco de la Psicología Genética creada y desarrollada para ese fin por Piaget, que dejaron sólidamente fundamentada la posición antiempirista tan característica del constructivismo piagetiano.

No fueron, sin embargo, las experiencias psicogenéticas

—muy mal conocidas por la filosofía “oficial”— las que provocaron la crisis del empirismo hacia mediados del siglo. La crisis fue declarada desde el propio corazón de la escuela empirista. En este punto creo que la forma en que tuvo lugar su declinación merece el más profundo homenaje a la seriedad y honestidad intelectual de algunos de los grandes empiristas del siglo, como trataré de demostrar. Nadie puede ignorar los extraordinarios logros de las corrientes empiristas que hemos mencionado, tanto en el campo de la lógica —prácticamente recreada en el presente siglo— y en la fundamentación de las matemáticas, como en el análisis crítico de las teorías científicas. Creo, sin embargo, que no se ha destacado suficientemente la impresionante labor realizada por algunos de esos grandes empiristas al intentar llevar a sus últimas consecuencias el análisis de la validez de su propia posición epistemológica.

Mencionaré sólo tres de esos intentos, que considero los más significativos. Ellos corresponden a tres de los grandes lógicos del siglo xx: Rudolf Carnap, Bertrand Russell y W. V. Quine. La idea central fue la misma: si la fuente del conocimiento está en *la experiencia sensorial* (que Quine calificó más crudamente como “irritación de nuestras terminaciones nerviosas”), habría que mostrar el camino por el cual, a partir de tales datos sensoriales, se llega a las abstracciones de las conceptualizaciones científicas, o aun a los conceptos que se manejan en el “conocimiento natural” (no científico). Los resultados, de lo que me atrevería a calificar como *los grandes experimentos epistemológicos de la historia* fueron negativos, y Russell lo declara en su última obra filosófica, *El conocimiento humano*, formulándolo con toda honestidad, aunque con mucha suavidad: “El empirismo como teoría del conocimiento ha mostrado ser inadecuado”.¹⁴

Por su parte Quine, más melancólicamente, pero en forma más terminante, tuvo que declarar: “hemos dejado de soñar (sic) con deducir la ciencia a partir de los datos sensoriales”.¹⁵ Piaget pudo haber respondido a uno y a otro algo que dijo irónicamente en otro contexto: “Yo he demostrado *empíricamente* que el empirismo no puede dar cuenta de la construcción del conocimiento”.

No deja de ser motivo de asombro —por lo menos para quien esto escribe—, que el empirismo continúe vigente y que

sea todavía para un gran porcentaje de científicos, en todos los niveles y en todas las latitudes, un credo indiscutible, no obstante haber sido descalificado, tanto por la imposibilidad de cumplir con su programa (como en los casos que hemos citado: Carnap, Russell, Quine), como por la refutación de sus hipótesis de base contenida en la monumental obra de investigación psicogenética e histórica realizada por la escuela piagetiana. La conjunción de ambos tipos de resultados implicó la situación que considero justificado declarar como el *segundo gran derrumbe epistemológico del siglo xx*. Así como la filosofía tuvo que renunciar, a principios del siglo xx, a ser la que explicara los conceptos básicos de la ciencia, de la misma manera el empirismo científico tuvo que renunciar a ser el que fundamentara las bases del conocimiento común.

Ni desde los más altos niveles de abstracción de la especulación filosófica se había logrado asentar una teoría general del conocimiento; ni desde el rigor de una ciencia empírica, sólidamente fundada en la nueva lógica y la nueva matemática que se desarrolló en el siglo xx, se había podido establecer una epistemología asentada sobre bases sólidas. Ni *apriorismo*, ni *empirismo*. Pero, entonces ¿cuáles son las bases de todo ese cúmulo de conocimientos que han permitido ejercer tal dominio sobre la naturaleza y explicar tantos fenómenos naturales? ¿En qué consiste “explicar”?

Estas son las preguntas que se propone contestar el constructivismo. De hecho, toda la obra piagetiana giró en torno de ellas. La originalidad de esa obra consistió en haber tomado la decisión (que algunos de sus críticos consideraron escandalosa) de ir a buscar respuestas en el comportamiento de los niños, desde el nacimiento a la adolescencia, *antes de buscarlas en la historia de la ciencia*.

La decisión no fue arbitraria, ni tampoco fruto de deformación profesional, como pudieran pensarlo quienes ignoran que Piaget no comenzó estas indagaciones a partir de la psicología, sino que *llegó a la psicología* buscando respuestas a los interrogantes que le plantearon sus inquietudes *epistemológicas*.

Hemos visto al comenzar que el término “épistémologie” (epistemología) tomó carta de ciudadanía en la lengua materna de Jean Piaget con el sentido preciso de una *teoría del*

conocimiento científico. ¿Cómo se enlaza esta acepción con las investigaciones psicogenéticas centradas en la niñez? En el capítulo 2 mostraremos cómo una teoría constructivista (no-empirista) debió necesariamente postular la *continuidad* funcional de los procesos cognoscitivos desde la infancia hasta los más altos niveles de la ciencia, lo cual significa que el conocimiento que se adquiere en un período cualquiera no se presenta *ex-nihilo* sino que está preparado por etapas anteriores. Resulta claro, por otra parte, que cada sociedad reconoce, a través de sus instituciones (familiares, escolares, académicas) niveles de conocimiento que se suceden a lo largo de la vida de un individuo y de las propias instituciones. La explicación de lo que llamamos “conocer”, “comprender”, “explicar” habrá de surgir, por consiguiente, de la investigación de los *procesos de cambio* de un nivel a otro, más que del análisis de los *estados* en cada período o en cada nivel. Y esa investigación lleva necesariamente a considerar niveles cada vez más elementales, sin posibilidad, en el estado actual de la ciencia, de retrotraer el estudio más allá del nacimiento, pero con creciente necesidad de tomar en cuenta los procesos biológicos que lo preceden. La psicología y la epistemología que estudian esos procesos fueron calificadas por Piaget, con toda propiedad, como Psicología Genética y Epistemología Genética, en tanto su objetivo era estudiar la *génesis* del conocimiento. Los biólogos, que han monopolizado el término “genética”, utilizado primero como adjetivo y luego como sustantivo, suelen protestar por su uso en las dos disciplinas piagetianas. No es necesario recordar que Moisés precedió por mucho a Mendel en referirse a “génesis”. En cuanto a “genética” (“*génétique*” en francés) el *Diccionario histórico de la lengua francesa* ya mencionado señala que “fue primero un término filosófico, en el sentido de ‘relativo a la génesis de alguna cosa’, y luego empleado en fisiología como variante de ‘genésico’”.

El uso que hace Piaget del adjetivo “genética” rescata, por consiguiente, el sentido primigenio del término, y su definición de la Epistemología Genética (que será también su programa de trabajo) como “el estudio de los mecanismos del desarrollo de los conocimientos”¹⁶ constituye una síntesis del proceso que hemos tratado de describir. Mantiene el sentido original del término *epistemología*, como teoría del

conocimiento científico, pero estudia su génesis llegando a las formas más elementales en el nivel de la niñez, y muestra que no hay discontinuidad en los mecanismos constructivos. La epistemología que comenzó referida solamente al dominio restringido del conocimiento científico, pasa a dar un salto —que no considero exagerado llamar revolucionario— para convertirse en una *teoría general del conocimiento*.

Sin embargo, estaríamos otra vez de regreso en la filosofía especulativa si dicha síntesis no tuviera una base rigurosamente científica, es decir, si no estuviera sujeta a las exigencias del test de la experiencia. Con la creación de la Psicología Genética, cuyo espectacular desarrollo hizo a Piaget más famoso que su epistemología, quedó constituido el campo experimental en los niveles elementales (del nacimiento hasta la adolescencia), mientras la Historia de la Ciencia proveería luego el material empírico (la experiencia histórica) en los más altos niveles del conocimiento científico. La teoría del desarrollo cognoscitivo planteada desde la epistemología y basada en los resultados empíricos de la investigación psicogenética y el análisis histórico-crítico de los conceptos y teorías se constituyó así en la primera teoría del conocimiento, científica e integrada, en la historia del pensamiento.

Como señalé en el Prefacio, si bien en esta obra tomo como base la inmensa producción de la Epistemología Genética, haré un replanteo de sus formulaciones que toma en cuenta desarrollos posteriores. Por esta razón utilizaré preferentemente la expresión “epistemología constructivista” (en lugar de “genética”) o me referiré a ella directamente como “constructivismo”.

Antes de entrar en los capítulos donde serán expuestas las bases de la epistemología constructivista, se hace necesario diferenciar los planteamientos que defenderé en la presente obra de algunas corrientes en boga. Haré para ello referencia a ciertos autores, dejando en claro que se trata de una selección muy particular dentro de la gran divergencia de opiniones que se presentan en la filosofía de la ciencia actual acerca de la epistemología. Si fuera mi propósito hacer un análisis detenido de tales posiciones, o aun caracterizar, a través de ellas, las corrientes de la filosofía contemporánea, se requeriría una selección de autores mucho más amplia y diversificada y

tendría que incluir el pensamiento europeo llamado “continental” en el mundo de habla inglesa. Tal análisis rebasaría los límites del presente texto.

Por otra parte, la elección de los autores, dentro de lo que es prácticamente “una misma escuela”, responderá sólo al siguiente criterio: únicamente serán consideradas las *concepciones del conocimiento y de la epistemología* muy características, cuya confrontación obligue a establecer con mayor precisión los alcances y los límites de la propuesta constructivista. Obviamente las referencias que se hagan a ellos (autores de extensa y difundida producción) estarán restringidas a unas pocas citas que considero representativas de dichas concepciones.

Al rescate del empirismo: la epistemología naturalizada

El más importante esfuerzo de rescate del empirismo fue realizado por Quine, a quien el filósofo de Harvard Hilary Putnam designó como “el más grande de los positivistas”. Como hemos visto, Quine había renunciado a construir la ciencia a partir de los datos sensoriales y con ello su teoría del conocimiento había quedado sin base de sustentación. Pero reivindió siempre la base empirista del conocimiento, con lo cual se vio obligado a hacer un *détour* sorprendente:

La vieja epistemología aspiraba a contener, en cierto sentido, la ciencia natural; la cual sería constituida de alguna manera desde los datos sensoriales. La epistemología en su nuevo marco (in a new setting), inversamente, está contenida en la ciencia natural, como un capítulo de la psicología.¹⁷

El tema es retomado por Quine en varias obras. En *The Roots of Reference* lo plantea más explícitamente en las dos primeras líneas: “¿Cómo es que, dada la sola evidencia de nuestros sentidos, llegamos a nuestra teoría del mundo?”¹⁸ Quine subraya a este respecto que la información que llega a nuestros sentidos es muy limitada: “proyecciones ópticas bidimensionales e impactos varios de ondas sobre nuestros tímpanos, algunas reacciones gaseosas en los conductos nasa-

les, *and a few kindred odds and ends* (...). ¿Cómo es posible que podamos tener esperanza de poder descubrir algo sobre el mundo externo a partir de tan magras trazas?". Su respuesta es "hacer libre uso de la ciencia en sus esfuerzos para determinar cómo el hombre pudo sacar el mayor partido posible de dichas limitadas fuentes".¹⁹

Quine adopta aquí una posición —que él llama "naturalismo"— apoyándose en la psicología y en la ciencia natural para caracterizar su concepción de la epistemología:

*El naturalismo no repudia la epistemología, pero la asimila a la psicología. La misma ciencia nos dice que nuestra información acerca del mundo está limitada a la irritación de nuestras superficies; y luego el problema epistemológico es, a su vez, un problema dentro de la ciencia: el problema de cómo nosotros, animales humanos, hemos podido arreglarnos para poder llegar a la ciencia con tan limitada información. Nuestro epistemólogo científico prosigue sus investigaciones y nos da una explicación que tiene mucho que ver con el aprendizaje del lenguaje y con la neurología de la percepción.*²⁰

¿Cómo se compatibiliza esta concepción con su anterior toma de distancia con el empirismo ["hemos dejado de soñar con deducir la ciencia a partir de los datos sensoriales"]? No hay de hecho una contradicción, porque Quine mantiene la coherencia haciendo retroceder su empirismo, sin abandonarlo. Ya no habla de datos sensoriales sino de "irritación de nuestras superficies" (que en otros escritos designa más claramente como "irritación de las terminaciones nerviosas"). La diferencia está en que Quine parece querer desprender la conciencia (awareness) de toda posible inferencia y recurrir al más "puro" referente empírico. Y esto lo manifiesta explícitamente:

Claramente yo no expongo una traducción de ciencia natural en términos de datos sensoriales (*sense data*) o estimulación sensorial. Yo enfatizo que nuestros datos con respecto al mundo externo nos llegan sólo a través de estimulación sensorial.²¹

A partir de allí surgen dos interrogantes para las cuales no encontramos respuestas en ninguna de sus obras. La cita precedente termina con una afirmación que se asemeja a un

salto en el vacío: “Nuestro epistemólogo científico prosigue sus investigaciones, y nos da una explicación que tiene mucho que ver con el aprendizaje del lenguaje” ¿Cuáles son las *investigaciones* del epistemólogo científico, en función de psicólogo, que condujeron a tal explicación? ¿En qué consistió la explicación que permitió pasar, de las “irritaciones de las terminaciones nerviosas”, al lenguaje?

El lenguaje es para Quine el punto de apoyo que pedía Arquímedes para mover el mundo (en este caso sería el mundo del conocimiento y de la ciencia):

Queremos saber cómo el hombre puede haber logrado alcanzar las conjeturas y abstracciones que intervienen en una teoría científica. ¿Cómo podemos seguir tal investigación mientras hablamos de objetos externos, excluyendo ideas y conceptos? Hay una manera: podemos hablar del lenguaje. Podemos hablar de hombres concretos y de sus sonidos (noises) concretos. Las ideas son como sean (ideas are as may be) pero las palabras están afuera donde podemos verlas y oírlas. Y las teorías científicas, por muy especulativas y por muy abstractas que sean, están en palabras (are in words) (...) no hay teorías aparte de las palabras.²²

En el contexto del presente capítulo comentaremos dos puntos primordiales, dejando para más adelante (capítulo 7) una crítica más detenida acerca de tal concepción de las teorías. El primero concierne a las investigaciones psicológicas; el segundo, a la concepción general de ciencia natural.

El aspecto más llamativo de los textos que hemos citado no es sólo la evidente carencia de investigación psicológica que le sirva de base, sino el hecho de pasar por alto *completamente* el desarrollo cognoscitivo del niño antes de la adquisición del lenguaje. Los más sorprendentes resultados de las *investigaciones psicogenéticas* de la escuela piagetiana consistieron quizás en poner de manifiesto la enorme riqueza de la actividad cognoscitiva precisamente en ese período, y la ineludible necesidad de dar cuenta de ese desarrollo en una teoría epistemológica. Por otra parte, el cúmulo de investigaciones psicolingüísticas realizadas en el último cuarto de siglo tornan insostenible el conductismo al cual adhiere Quine. Paradójicamente, la manera en que Quine explica cómo se desarrolla el lenguaje del

niño, en las obras citadas cae, por falta de base empírica, en el terreno de la filosofía puramente especulativa, contra la cual se levantó originariamente el empirismo científico.

El segundo de los puntos que nos preocupa (de los dos antes mencionados) concierne a la concepción quineana de la ciencia. En *The Roots of Reference* leemos:

Nuestra disociación de los viejos epistemólogos (the old epistemologists) ha traído libertad y responsabilidad. Ganamos acceso a los recursos de la ciencia natural y aceptamos las restricciones metodológicas de la ciencia natural. En nuestra explicación de cómo puede adquirirse la ciencia no procuramos justificar la ciencia por una filosofía anterior y más firme, pero tampoco mantenemos *standards* menores que la ciencia.²³

En *Theories and Things*, Quine agrega alguna aclaración, caracterizando la ciencia natural:

... como una investigación de la realidad, falible y corregible pero que no debe responder a un tribunal supracientífico, y *no necesita justificación alguna* más allá de la observación y del método hipotético-deductivo.²⁴ (énfasis agregado)

En el capítulo 7 sostenemos que las grandes polémicas dentro de la física, que se desarrollaron en el siglo XX *fueron fundamentalmente de carácter epistemológico*, y allí retornaremos sobre el tema, pero adelantamos que no creemos que la concepción de la ciencia que hemos citado de los textos de Quine permita enfrentar esas problemáticas.

Epistemología y valores

Las posiciones de Quine están en una franja del espectro que forman las concepciones sobre la epistemología. En otro sector, bastante alejado, encontramos una multiplicidad de autores, de los cuales nos referiremos sólo a dos influyentes filósofos de la ciencia que cuestionan el uso monopólico del término "conocimiento" por parte de la ciencia. En ambos casos encontramos una crítica profunda de ideas prevalecientes, aun en círculos científicos y filosóficos, sobre conceptos tales como "ciencia" y "racionalidad". Ambos hacen sus críticas desde

dominios diferentes, aunque vinculados por la denominación genérica de “valores”, y por su rechazo de la dicotomía hechos/valores como categorías independientes desde el punto de vista epistemológico.

Nelson Goodman inicia el primer capítulo de su libro (provocativo desde el título mismo) *Of Mind and Other Matters*,²⁵ con la siguiente declaración de propósitos:

Este capítulo examina y asume la tarea de *reformular* algunas nociones corrientes con respecto a la cognición y su rol en la ciencia, el arte y la percepción.

La tesis correspondiente es enunciada con precisión desde un comienzo:

Estoy de acuerdo con que emociones y sentimientos son requeridos en la experiencia estética; pero no son separables de los aspectos cognitivos de la experiencia, ni agregados a ellos. (p. 7)

Lejos de desear desensibilizar la experiencia estética, quiero sensibilizar cognición. En arte —y también en ciencia— emoción y cognición son interdependientes: sentimiento sin comprensión es ciego y comprensión sin sentimiento es vacía. (p. 8)

En esta declaración, Goodman no sólo afirma que la ciencia y el arte comparten una función cognitiva, sino que expresa, al mismo tiempo su concepción particular de la epistemología. En el apéndice del libro citado se reproduce el texto de una entrevista realizada en los estudios de Radio y Televisión Belga (que tuvo lugar en Bruselas en 1980), donde Goodman se explaya más llanamente sobre su idea de comprensión (“understanding”):

Cuando llegamos a ser suficientemente sensibles a ciertas obras de arte, comenzamos a desarrollar una nueva sensibilidad, podemos ver algo nuevo. Esto puede ser muy sorprendente; uno ve unas pocas pinturas de un artista, y ante la próxima que ve del mismo autor, dice “esta parece ser de tal y tal”. Uno comienza a aprehender un nuevo concepto que cruza transversalmente los anteriores. Esto subraya qué es lo que he estado diciendo acerca de la relación entre arte y ciencia, porque esto es lo que se hace también en ciencia. (p. 195)

Un trabajo de Hilary Putnam publicado en 1976 y reimpresso como capítulo en *Realism with a Human Face*,²⁶ lleva al título, de por sí suficientemente elocuente, de "The place of facts in a world of values", y en él afirma:

Una exposición *filosófica* adecuada sobre la *razón* no debe "explain away" los hechos éticos, sino que debe permitirnos comprender cómo es que ellos pueden ser *hechos*, y cómo podemos conocerlos. (p. 162) (énfasis agregado)

Sin embargo, Putnam rechaza la idea de que la aceptación de *valores objetivos*, que puedan ser considerados como objetos de conocimiento, implica que los juicios morales sean verdaderos o falsos. Más importante que eso es para él el hecho de que "lo que regula el comportamiento de una persona que actúa porque considera que así es su deber, o que reprime ciertos comportamientos, no es mero 'instinto' o mero 'condicionamiento' ".²⁷

Este tipo de argumentos, extensamente elaborados en varias de sus obras, lleva a Putnam a proponer una más amplia concepción de la epistemología:

Una ciencia exitosa (successful science) de la epistemología tendría que examinar la creatividad humana y la innovación conceptual como tal; y si hay algo que hemos aprendido de los historiadores es que no hay un punto arquimediano desde donde podríamos hacerlo.²⁸

Entre los *temas ineludibles para el epistemólogo* incluye la reivindicación de los valores como objetos de conocimiento. Ello no implica necesariamente un retorno al tipo de epistemología normativa que caracterizó a los grandes sistemas filosóficos, pero sí ha significado, de hecho, una revalorización y reordenamiento de las temáticas en este campo de la filosofía. Putnam, por ejemplo, minimiza, sin descartarlos, lo que él llama "intentos de una gran síntesis en epistemología" que abarcara temas tales como simplicidad, coherencia y justificabilidad de las aserciones.

La propuesta de Jean Piaget

En primera aproximación, considero útil mantener, como término de referencia, la distinción que hace Piaget entre “sabiduría” (*sagesse*, *wisdom*) y “conocimiento”, sin por ello sugerir que hay una separación tajante entre una y otro. Desde esa perspectiva, las posiciones expuestas por los dos autores de referencia caen más ampliamente en la noción de *sagesse* que de conocimiento. Sin embargo, el texto de Piaget antes citado no responde suficientemente a los reclamos de pertinencia epistemológica que hacen, tanto Goodman como Putnam, para sus respectivos planteos en el campo de los valores (el arte, en el caso de Goodman, y la ética, en el caso de Putnam). El desafío de ambos autores requiere una reformulación desde la epistemología constructivista. Con esta perspectiva, sostendré que la problemática que debemos enfrentar tiene dos aspectos que, sin cuestionar la integridad de la problemática, deben atacarse, desde distintos ángulos: una fase *epistemológica* y otra *ontológica*. Ambas aparecen confundidas en los textos antes citados.

La conclusión de Quine es que el epistemólogo ‘liberado’ termina como un psicólogo empírico, investigando científicamente la adquisición de la ciencia por parte del ser humano.²⁹

Las preguntas que para nosotros quedan pendientes son las mismas que teníamos en el punto de partida: ¿cómo se va de las respuestas del psicólogo a la fundamentación de los conceptos científicos y a la justificación de las teorías? Y aun antes que esto: ¿qué psicología? Con el planteo precedente, Quine no tiene otra vía de solución que el conductismo, lo cual reintroduce de alguna manera el empirismo.

El término “conocimiento” ha sido utilizado hasta ahora discrecionalmente y sin intentar definirlo, no obstante haber designado con él la temática cuyo estudio es el objetivo de esta obra. Es necesario entonces aclarar esta situación. Muchos filósofos lo intentaron sin éxito. El gran Bertrand Russell fue quizá quien más se empeñó en lograr una definición aceptable. En lo que podemos considerar como su último manifiesto filosófico, *El conocimiento humano, su alcance y sus límites*, Russell declara que “conocimiento es un término imposible de precisar”. Sin embargo, en la página siguiente propone una

seudodefinition: "el conocimiento es una subclase de creencias verdaderas". Es sorprendente que Russell, que era filósofo y científico al mismo tiempo, no haga referencia al hecho de que en todas las disciplinas científicas hay términos que no se definen. Así por ejemplo, la Mecánica es la disciplina que estudia el movimiento, pero no define "movimiento", y de esto ya Newton era muy consciente. La Matemática se ocupa (entre muchas cosas) de los números. Puede definir "número natural", "número racional", "número real", pero no define "número". También la teoría de conjuntos ocupa un lugar importante en la matemática moderna, pero no hay definición de "conjunto".

Piaget enfrenta este problema con gran claridad conceptual aun cuando no lo hace explícitamente.

La construcción de una teoría científica tiene como objetivo explicar cierto tipo de hechos, eventos, ocurrencias, situaciones, que llamaremos "dominio de los fenómenos" de los cuales se ocupa la teoría (los términos aquí utilizados tienen provisionalmente el sentido que les asigna el diccionario). En tanto consideramos la epistemología como una disciplina científica, debemos comenzar por establecer el dominio de los fenómenos que constituye su objeto de estudio. Decimos "establecer", o "especificar", o "caracterizar", no "definir". Aquí podemos aplicar una observación del mismo Russell (en otro texto) parafraseándola para este contexto: la caracterización del "dominio" no se hace a partir de sustantivos, sino de adjetivos y de verbos (o, mejor dicho, de frases adjetivas y frases verbales).

Piaget comienza por caracterizar lo que entiende por "ciencia", de manera muy amplia, como "una institución social, un conjunto de conductas psicológicas y un sistema sui generis de signos y de comportamientos cognitivos", para subrayar de inmediato que "un análisis racional del desarrollo de la ciencia deberá tratar conjuntamente los tres aspectos".³⁰

El concepto de "conocimiento" entra aquí a través de "comportamientos cognoscitivos" y de actividades que la propia sociedad coordina y califica en todos los niveles (familiar, escolar, académico). La epistemología constructivista, la más general teoría del conocimiento, tiene así como referente no al individuo aislado sino a la sociedad en la cual está inserto. Sin

embargo, de allí no podemos pasar a identificar ninguna disciplina científica particular, ni aun menos a establecer si el producto de una actividad dada es ciencia o no lo es. En el próximo capítulo propondré una metodología de trabajo que será desarrollada en capítulos subsiguientes, y que permitirá mostrar, en el contexto de la epistemología constructivista, el recorrido del camino que va desde las actividades y comportamientos cognoscitivos hasta los niveles de la ciencia.

Notas

¹ Le Robert: *Dictionnaire Historique de la Langue Française*.

² Russell (1897).

³ Russell (1945).

⁴ *Op. cit.*

⁵ Russell (1944 a).

⁶ "As soon as I had mastered his notation, I saw that it extended the region of mathematical precision backwards towards regions which had been given over to philosophical vagueness." (p. 12)

⁷ Kant (1988).

⁸ Bergson (1922).

⁹ Véase el artículo "Einstein y Bergson" en la revista *Science*, 1964.

¹⁰ Véase capítulo 7.

¹¹ Piaget (1965).

¹² Véase la transcripción del debate en *Raison Présente*, nº 1, París, 1966.

¹³ Reichenbach (1951), p. 75.

¹⁴ Russell (1944 b).

¹⁵ Quine (1969).

¹⁶ [EEG I], p. 14.

¹⁷ Quine (1969), p. 83.

¹⁸ Quine (1973), p. 2.

¹⁹ "to make free use of science in his effort to determinate how men could make the most of those limited resources."

²⁰ Quine (1986), p. 72.

²¹ Quine (1997), p. 364.

²² Quine (1973), p. 35.

²³ *Op. cit.* p. 34.

²⁴ Quine (1986), p. 72

²⁵ Goodman (1990)

²⁶ Putnam (1990)

²⁷ *Op. cit.* p. 150.

²⁸ Putnam (1983).

²⁹ "Our liberated epistemologist ends up as an empirical psychologist, scientifically investigating man's acquisition of science" Quine (1973), p. 3.

³⁰ [EEG I], p. 2.

PRIMERA PARTE

**ORGANIZACION DEL
MATERIAL EMPIRICO**

Capítulos 2 y 3



2

Planteo constructivista del problema del conocimiento

El complejo cognoscitivo

El epistemólogo que rechace todas las formas de apriorismo propuestas por la filosofía especulativa, que no acepte que el conocimiento tenga origen puramente sensorial, y que renuncie a definir el concepto mismo de conocimiento, deberá enfrentar una problemática que gira alrededor de dos puntos: cómo establecer su *objeto de estudio* y desde *qué bases* enfocarlo. Estos dos problemas conciernen no sólo a la epistemología, sino a las ciencias en general y particularmente a las sociales, cuando su estudio intenta ser fundamentado con suficiente rigor. La manera de caracterizar la ciencia presentada en el primer capítulo (que trata de explicitar lo que Piaget no formuló en esos términos), constituye el contexto apropiado para abordar el análisis de esas dos cuestiones.

Comenzando con el segundo punto, me apoyaré en una observación de carácter metodológico del sociólogo francés Lucien Goldmann en su magnífico libro *Le dieu caché*¹ [*El dios oculto*]: “El problema del método en ciencias humanas consiste en hacer *recortes de los datos empíricos en totalidades relativas* suficientemente autónomas como para servir de marco de un trabajo científico” (énfasis agregado).

Ante la carencia de una definición de “conocimiento” de la cual podamos partir, el método consistirá en hacer “un recorte” de los datos concernientes a la actividad humana, que permita

caracterizar esa “totalidad relativa” de la cual habla Goldmann. En nuestro caso ella deberá incluir comportamientos, situaciones y actividades (incluyendo aquellas que están institucionalizadas) que son *socialmente* considerados como teniendo *carácter cognoscitivo*. Sin duda, los límites de esa totalidad y los tipos de datos empíricos que se incluyan en ella (y que en adelante denominaré genéricamente “actividades”) tendrán en un comienzo cierta vaguedad, y sólo se irán determinando en el desarrollo de la investigación. Utilizaré el término “*complejo cognoscitivo*” para designar al conjunto de componentes de esa totalidad sumamente heterogénea. Aquí el término “complejo” será empleado como sustantivo con un sentido similar al que tiene en expresiones tales como “complejo industrial”, “complejo urbano”. Es necesario anticipar que cuando analicemos el conocimiento como sistema complejo en el capítulo 3, el término “complejo” se utilizará como adjetivo dentro de la expresión “sistema complejo” que tiene una significación muy específica que en su momento analizaremos.

El concepto de “complejo cognoscitivo” que iré precisando a lo largo del capítulo, servirá como punto de partida para una primera caracterización del objeto de estudio. Es el término con el cual designé a una “totalidad relativa”, en el sentido de Goldmann, constituida por una selección (recorte) de elementos que *la sociedad* vincula con la noción (vagamente concebida) de “conocimiento”, y que se expresa tanto en el lenguaje común como en el medio educativo o académico.

Con esta formulación, la sociedad (término igualmente impreciso) entra desde el principio como parte inherente a la caracterización de lo que llamamos “conocimiento”. La adopción de tal referente tiene dos implicaciones que serán fundamentales para nuestro planteo. En primer término, los elementos que iremos identificando para construir el complejo cognoscitivo no serán componentes estáticos, porque el contexto social está constituido por sistemas de relaciones cambiantes. Esto implica que el estudio del complejo cognoscitivo debe de abordarse, no como una descripción de *estados*, sino como *procesos*.

La segunda consecuencia de haber definido el complejo cognoscitivo en un contexto social, es que dicho contexto está cultural e históricamente determinado. Un aspecto ineludible

del análisis consistirá, por consiguiente, en establecer el grado de variabilidad histórico-cultural de lo que se llama “conocimiento”, así como sus características evolutivas. Es evidente, sin embargo, que será imprescindible realizar el estudio a través de secuencias de cortes temporales realizados de acuerdo con ciertos momentos o períodos que se hayan detectado como críticos tanto a nivel individual como en las etapas históricas en la sociedad en cuestión. El análisis por cortes temporales se vuelve importante si se tiene en cuenta la diversidad de contextos en los cuales se desarrollan las actividades de un bebe, de un niño (en diversas edades), de un adolescente y de un adulto, lo cual introduce diferencias fundamentales en los elementos que hay que considerar dentro del “complejo” en cada caso. Al nivel de la ciencia los cortes corresponderán a distintos períodos históricos y distintas culturas (capítulo 6).

Estas consideraciones tienen por objeto establecer una clara distinción entre, por una parte, lo que sería la descripción del material empírico con el cual se integra el complejo cognoscitivo (cultural e históricamente *dado*) y, por otra, la *organización* de ese material (a partir de conceptualizaciones o teorizaciones), con la cual se conforma la *construcción teórica* que constituye lo que denominaré *el sistema cognoscitivo* (capítulo 3).

Es necesario enfatizar el hecho —aun a riesgo de subrayar lo obvio— de que el *sistema cognoscitivo* no está *dado* en la experiencia. Lo que está *dado* en la experiencia son las *actividades* que hemos agrupado en el complejo cognoscitivo. La introducción de ese concepto permite salvar las dificultades que plantean las definiciones iniciales, y la no-definibilidad de lo que llamamos “conocimiento”, el cual sólo puede ser caracterizado a partir de *actividades cognoscitivas* socialmente generadas y reconocidas como tales, con las correspondientes diferencias históricas y culturales.

El complejo contiene una descripción de lo que hemos denominado genéricamente *actividades*, pero resulta claro que no hay una única descripción posible, sobre todo si se toma también en cuenta que los elementos que hoy podemos identificar como vinculados con aquellos que una sociedad dada consideró como actividad cognoscitiva han variado con el

tiempo. Por ejemplo, el epistemólogo que hace el “recorte” de las actividades que debe tomar en cuenta en una caracterización de un complejo cognoscitivo posee hoy conocimientos científicos que le obligan a incluir en su descripción actividades de carácter neurofisiológico, lo cual hubiera sido impensable en otras épocas.

Por otra parte, el sistema cognoscitivo que construye el epistemólogo no es único. No se pasa linealmente de identificar actividades cognoscitivas a establecer el recorte que caracteriza el complejo cognoscitivo, y de allí a definir el *sistema* sobre el cual elaboramos la teoría epistemológica. En primer término, la organización de los elementos del complejo involucra ya interpretaciones y su heterogeneidad exige una fragmentación del análisis. En efecto, considerados globalmente, los “recortes” con los cuales se define el complejo contienen elementos que pueden agruparse en tres *subtotalidades* correspondientes a los dominios de fenómenos que llevan los nombres clásicos de *dominio biológico*, *dominio mental* (o psicológico) y *dominio social*, sin que las actividades puedan ser estrictamente separables entre un dominio y otro. Esta organización del material empírico será la base a partir de la cual, más adelante (capítulo 3), propondré el estudio del conocimiento como sistema complejo.

A su vez, el análisis de las actividades en cada dominio queda fragmentado por las *disciplinas* que seleccionan los datos pertenecientes a su campo de estudio (biología, psicología, sociología, historia) y elaboran sus interpretaciones con el tipo de análisis y de explicaciones propios de cada una de ellas.

En principio, ese material es tomado por el epistemólogo constructivista como referencia en la construcción de su teoría del conocimiento. En esta afirmación estamos aplicando el término “construcción” en dos contextos muy diferentes: la construcción del conocimiento por los individuos o la sociedad, y la construcción de la teoría epistemológica. Esta ambigüedad del término requiere una aclaración. El calificativo de “constructivista” es aplicado al epistemólogo quien sostiene —en oposición al empirismo y al apriorismo— que lo que llamamos “conocimiento” es producto de procesos constructivos cuya naturaleza debe ser objeto de investigaciones empíricas. Pero, a su vez, el epistemólogo constructivista *construye* (valga la

redundancia) la teoría del conocimiento que interpreta y explica los resultados de tales investigaciones.

Esta ambigüedad, que podríamos llamar con más propiedad “ambivalencia” del término, exige que debemos explicitar cada vez en qué nivel estamos hablando: si se trata de las actividades del sujeto (entendido como sujeto cognoscente), o bien del investigador. La no distinción de esos niveles ha dado lugar a múltiples equívocos. La confusión se ha manifestado particularmente en lo referente a la lógica: debemos diferenciar la lógica que utiliza el investigador para *interpretar y explicar el desarrollo cognoscitivo*, de la lógica que laboriosamente va construyendo el sujeto para *interpretar y explicar el mundo que lo rodea*. Distinción que pudiera parecer obvia, pero sobre la cual será necesario volver reiteradamente.

Las consideraciones precedentes me han llevado a proponer tres niveles de análisis para el estudio de toda epistemología constructivista de base científica:

- El **primer nivel** corresponde al análisis e interpretación del material empírico de base que está constituido por el conjunto de actividades, sea de individuos o de instituciones, que son consideradas como conocimiento por una sociedad dada y que he denominado “complejo cognoscitivo”, así como los resultados de las investigaciones realizadas sobre dicho material por distintas disciplinas (particularmente Psicología Genética e Historia de la Ciencia).

- El **segundo nivel** corresponde al desarrollo de la teoría epistemológica en sentido estricto. No se trata de teorías que se construyen a posteriori y con independencia de las investigaciones del primer nivel, por cuanto toda interpretación de las experiencias lleva involucradas, explícita o implícitamente, concepciones epistemológicas del investigador. Lo que vamos a sostener en esta obra es que llegada a un cierto nivel de madurez, la teoría debe ser formulada con criterios de coherencia interna y sin referencia al material empírico que la inspiró, excepto como ejemplo o dato ilustrativo del sentido de la construcción teórica.

- El **tercer nivel** estará referido a la utilización de la epistemología como *instrumento de interpretación y de explicación* de los problemas de fundamentación de las conceptualizaciones y las teorías al nivel de la ciencia, lo cual constituye un

test crucial frente a la problemática que presenta, por ejemplo, la física contemporánea (véase capítulo 8).

Comencemos por los “datos empíricos” sobre los cuales realizamos el “recorte” que constituye el complejo cognoscitivo. El rechazo de las posiciones aprioristas y empiristas que hemos considerado en el primer capítulo conduce al constructivismo a rechazar también que haya “lecturas puras” de la experiencia a partir de las cuales sea posible la “reconstrucción racional” del conocimiento. Por consiguiente los “datos empíricos” a los cuales nos hemos estado refiriendo son *interpretaciones* de los datos sensoriales que corrientemente llamamos “datos observacionales” o simplemente “observaciones” (véase capítulo 4). De esta manera, la definición de “complejo cognoscitivo” involucra ya un *primer nivel de interpretación*. Por otra parte, el pasaje a los análisis y conceptualizaciones disciplinarias implica selección y organización de los datos observacionales, lo cual supone un *segundo nivel de interpretación*.

Estas consideraciones explican el carácter no lineal del proceso que va de la identificación de las actividades cognoscitivas hasta la teoría epistemológica, y muestra al mismo tiempo que la distinción entre *los niveles de análisis* de la teoría general del conocimiento, en el contexto del constructivismo, requiere calificar cuidadosamente las designaciones. El “nivel empírico”, constituido por los resultados de las investigaciones disciplinarias, contiene ya elementos teóricos que están involucrados en los dos *niveles de interpretación de los “datos”* que hemos señalado.

Aquí es necesario establecer una distinción dentro del material empírico que considera el epistemólogo, porque no debe olvidarse que sus objetivos incluyen, con el más alto grado de prioridad, dar cuenta de la ciencia de nuestro tiempo. Su referente en ese nivel son los análisis y conceptualizaciones que cada disciplina realiza sobre los resultados observacionales y experimentales obtenidos en su propio dominio. Resulta, por consiguiente, que hay de hecho, una sucesión de *niveles interpretativos* que el epistemólogo debe desglosar cuando construye su teoría del conocimiento desde la cual analizará las teorías científicas. La sucesión de niveles no es unidireccional. Hay bucles y retroalimentaciones (véanse capítulos 7 y 8).

Esta verdadera *interacción dialéctica* entre teoría y experiencia en el proceso de *construcción de la teoría epistemológica* no debe confundirse con la *dialéctica inherente al proceso de construcción del conocimiento* (véase capítulo 5).

Apriorismo, empirismo y constructivismo

En el capítulo 1 nos hemos referido al fracaso histórico de las teorías del conocimiento que propusieron, desde la filosofía especulativa, los diversos sistemas filosóficos que se sucedieron a través de los siglos. Todas las formas de apriorismo, que con distintos nombres encontramos en la historia de la filosofía, condujeron a concepciones de las nociones básicas del conocimiento científico que fueron refutadas por la propia ciencia. Por otra parte, las posiciones empiristas, que surgieron como alternativas, aceptaron como válida —acríticamente— la posibilidad de llevar a cabo programas de construcción de la ciencia a partir de la experiencia sensorial que demostraron ser irrealizables. He mencionado a este respecto los ejemplos de Carnap, Russell y Quine, quienes hicieron, sin éxito, los intentos más completos, sistemáticos y profundos, por caminos diferentes, para corroborar la tesis empirista. ¿Dónde asentar entonces una teoría del conocimiento? ¿Por dónde comenzar?

Hasta las formulaciones del constructivismo, no hubo respuestas directas para estos interrogantes ya que las preguntas estaban formuladas de manera equívoca. El planteo del problema se hallaba viciado por el uso de términos que contenían las mismas presuposiciones implícitas en las teorías del conocimiento aprioristas y empiristas que habían fracasado.

La epistemología constructivista comienza precisamente cuestionando esas presuposiciones. La primera de ellas, quizá la más decisiva para el cambio de enfoque que realiza el constructivismo, está centrada en términos tales como “experiencia”, “sensación”, “percepción”. El constructivismo niega la posibilidad de especular libremente sobre estos términos como lo hizo tradicionalmente la filosofía. Pero al mismo tiempo pone en evidencia la falta de coherencia de los empiristas quienes, contradiciendo o ignorando el alcance de sus propios principios, aceptaron la concepción corriente de esos términos (basada en el “sentido común”) sin llegar a plan-

tearse que era necesario someterlos a *investigación empírica*. Vale la pena recordar aquí el comentario ya citado de Piaget: “Los empiristas *nunca fundamentaron empíricamente la validez de su posición*”.

En efecto, cuando Reichenbach dice, por ejemplo, “La observación sensorial es la fuente primera y el juez último del conocimiento”, o cuando Russell sostiene que el conocimiento se basa en proposiciones “cuya evidencia no se deriva de su relación lógica con otras” porque surge “con motivo de una percepción que es evidencia de su verdad”, están ambos aceptando, acríticamente, nociones tales como “observación sensorial”, “percepción” o “evidencia de su verdad”. Estas nociones contienen presuposiciones de carácter epistemológico que la epistemología genética cuestionó, proponiendo un programa de investigaciones empíricas, que permitiera decidir entre presuposiciones epistemológicas alternativas.

El problema fundamental que planteó la propuesta de una epistemología como *disciplina científica*, consistió precisamente en estudiar la posibilidad de una investigación *empírica* que permitiera establecer la existencia de niveles que podríamos llamar “primitivos” en el desarrollo de la actividad cognoscitiva. El objetivo de esta investigación empírica sería la detección, en la conducta del niño, de observaciones que fueran independientes de toda interpretación o de toda actividad inferencial por parte del sujeto en cuestión. Se trataría de observaciones de un sujeto que se limitara a ser receptor de lo que Quine llamó gráficamente “irritación de las terminaciones nerviosas”, refiriéndose a la pura impresión sensorial (visual, auditiva, táctil).

La psicología genética fue concebida y desarrollada para responder con datos empíricos a ese tipo de cuestiones planteadas desde la epistemología. Las investigaciones psicogenéticas dieron respuestas negativas al planteo empirista. El tema será tratado *in extenso* en el capítulo 4. Veamos sólo un ejemplo representativo de cómo las investigaciones psicogenéticas refutaron el empirismo: la noción de “peso” no la adquiere el niño *sopesando* una diversidad de objetos, sino que se construye en un largo proceso de organización de las interacciones con los objetos.²

Estos resultados fueron expresados por Piaget en una fórmula sintética: “No hay lectura pura de la experiencia”.

Esta aserción es de enorme trascendencia epistemológica: la investigación empírica realizada en el campo de la Psicología Genética constituye la refutación más profunda del empirismo. En efecto, si bien Carnap, Russell y Quine palparon los límites del empirismo, debiendo admitir que no encontraron viable su programa de desarrollar la ciencia a partir de los datos sensoriales, pudieron quedar dudas acerca de si los caminos que siguieron no tenían otras alternativas. La Psicología Genética cala más hondo al demoler la base misma que sustentaba la teoría empirista, por cuanto demuestra que formas elementales de percepción involucran ya la actividad cognoscitiva del sujeto.

Esto no significa ignorar que cuidadosas investigaciones psicogenéticas posteriores cuestionaron algunas postulaciones de la escuela piagetiana, al presentar evidencia de que el recién nacido tiene un bagaje innato superior al concebido por Piaget. Estos resultados tienen gran importancia para el psicólogo y ponen en evidencia una mayor complejidad en el análisis de las interacciones del recién nacido con el mundo exterior, lo cual cuestiona y obliga a revisar piezas importantes de la concepción psicogenética en lo referente a las "construcciones iniciales", como es el caso de "la formación del invariante elemental" que Piaget llamó "el esquema del objeto permanente" y consideró que representaba "el punto de partida de las formas superiores de conservación".³

Sin embargo, desde la perspectiva epistemológica, por mucho que la psicología extienda las evidencias de capacidades innatas, ellas no modifican las conclusiones antiempiristas que surgen del total de las experiencias psicogenéticas, ni ponen en jaque los fundamentos de una teoría constructivista del conocimiento.

El principio de continuidad funcional de los procesos constructivos

El rechazo de las posiciones empiristas y aprioristas implica, a su vez, renunciar a la búsqueda de un "punto de partida" absoluto para el conocimiento. En tanto no hay algún factor específico (intuiciones, sensaciones) a partir del cual se elabora el conocimiento, tampoco se puede establecer un mo-

mento preciso en el cual “comienza” la actividad cognoscitiva. La ruta que va desde los procesos puramente biológicos, incluyendo los reflejos más elementales, hasta los movimientos voluntarios y las actividades con características que permiten considerarlas como cognoscitivas, muestra una transición gradual, sin puntos de discontinuidad. Este es un campo de experimentación en el cual la neurofisiología y la psicología genética han realizado notables progresos, los cuales han consistido fundamentalmente en desplazar y aclarar aspectos de la zona de transición.

Si no hay punto de partida, tampoco puede haber punto de discontinuidad funcional en los procesos cognoscitivos del niño al adolescente, del adolescente al adulto que se maneja con el lenguaje común, ni tampoco desde el adulto pre-científico al que se mueve en los más altos niveles de las teorías científicas. Si hubiera discontinuidad se replantearía el mismo problema del “punto de partida”: ¿de dónde surge el conocimiento que se adquiere a partir de la discontinuidad? Así enfrentaríamos otra vez la alternativa de *apriorismo* o *empirismo*.

Estas consideraciones conducen directamente a lo que he llamado *principio de continuidad funcional de los procesos constructivos* del conocimiento, que constituye uno de los pilares fundamentales de la epistemología constructivista, con profundas implicaciones que condicionan y modulan la teoría del conocimiento. En primer término, el principio de continuidad funcional implica la imposibilidad de dar una caracterización general intrínseca (sin hablar de “definición”) de lo que es “conocimiento”, ni aun restringiéndonos al conocimiento científico. Por esta razón hemos caracterizado el conocimiento como un proceso que toma sentido en un contexto social, y cuyos “grados” o “niveles” también adquieren significado en dicho contexto. De la misma forma que hemos caracterizado la ciencia como una institución social, cuya significación se pone de manifiesto a partir de las circunstancias históricas que llevaron a establecer lo que cada sociedad consideró como la ciencia de su época (véase capítulo 6). Pero hay una segunda implicación del principio, referida a los mecanismos cognoscitivos.

Generalidad de los mecanismos constructivos

El principio de continuidad funcional implica que tampoco hay punto de partida definido desde donde pudiera comenzar la construcción de los mecanismos constructivos. Dar cuenta de esta *construcción de los mecanismos constructivos* es indispensable, en el caso de una Epistemología constructivista, por propia coherencia interna.

Si no hay punto de partida definido desde donde pudiera comenzar la construcción de los mecanismos constructivos, debemos considerar que comienza necesariamente a generarse en los mecanismos biológicos que articulan los movimientos del recién nacido. Podemos entonces, postular, en analogía con el razonamiento que condujo al principio de continuidad, que los *mecanismos de adquisición del conocimiento* deben de ser comunes a todas las etapas de desarrollo, no sólo desde la niñez hasta la persona adulta, sino también hasta los niveles más altos del conocimiento científico. Este principio, que llamaré de *generalidad de los mecanismos constructivos*, está ya involucrado en el principio de continuidad funcional. De hecho, se trata de dos aspectos de un mismo principio, puesto que, en el campo cognoscitivo, los procesos constructivos son *inseparables* de los mecanismos con los cuales se desarrollan. La *validación* de este principio general de inseparabilidad de procesos y mecanismos en el campo cognoscitivo, así como su continuidad funcional, requirió muchos años de investigación, cuya etapa final y síntesis fue presentada en la obra *Psicogénesis e historia de la ciencia*.⁴

Bases metodológicas para el desarrollo de una epistemología constructivista.

Recordemos que la formulación de la epistemología constructivista que presento en esta obra difiere en varios aspectos de la que surge de la frondosa obra piagetiana, aunque es totalmente coherente con ella e intenta ser complementaria. En este contexto se hace necesario enfatizar la importancia que tiene la metodología con la cual Piaget desarrolló la psicología genética, estableciendo un camino ineludible a seguir por toda concepción constructivista del conoci-

miento. Sin embargo, esa misma metodología, que no fue suficientemente aclarada por Piaget, ha sido muchas veces un obstáculo para la comprensión de su obra, por lo cual considero justificado detenernos aquí para analizarla.

En efecto, una de las mayores dificultades que ofrece la lectura de las obras de Piaget, para el lector no familiarizado con sus concepciones epistemológicas, se debe a que pasa, sin transición, de la *descripción* de las investigaciones psicogenéticas, a la formulación de las *conclusiones epistemológicas* que extrae de los resultados. Se trata de dos niveles de análisis que frecuentemente originan confusión, porque suele utilizar un mismo término en uno y otro nivel, sin advertir al lector desprevenido que el término tiene distintos significados en ambos, aun cuando estén muy relacionados.

Un ejemplo típico es la utilización de expresiones como "estructuras *más o menos isomorfas*" o "isomorfismos parciales" que escandalizan con razón a los lógicos ya que se trata de términos definidos dentro de la psicología genética, pero que carecen de sentido en el lenguaje de la lógica formal. Otra dificultad terminológica en la lectura de las obras de epistemología genética se refiere al hecho de que muchas veces Piaget utiliza el prefijo "pre" ("pre-inferencia", "pre-morfismos") para dejar establecido en qué nivel de análisis se sitúa pero, particularmente en sus últimas obras, no aclara el sentido del prefijo.

Es importante justificar el uso de esa terminología por cuanto, una vez aclarada, permite utilizar un lenguaje que facilita la comprensión de los procesos constructivos. El análisis de esas expresiones, además, pone en evidencia la metodología de investigación que ha seguido el constructivismo y que puede ser sintetizada de la siguiente manera.

El principio de continuidad funcional de los *procesos constructivos* y la generalidad de los *mecanismos constructivos* replantean el problema de cuándo y cómo se inician las actividades del niño a las cuales podemos designar como "cognoscitivas". Esta circunstancia, y la complejidad de los procesos iniciales, hacen sumamente difícil seguir paso a paso el desarrollo que conduce desde los primeros comportamientos hasta el tipo de razonamiento que maneja ya un niño de siete u ocho años. La investigación unidireccional a lo largo del desarrollo,

sobre la única base de analizar sucesivos comportamientos y actividades, no habría llevado muy lejos. El programa que se propuso realizar Piaget pudo zanjar esas dificultades porque se planteó desde la epistemología. Aquí, “la observación fue guiada por la teoría”,⁵ un hecho que es frecuente en la ciencia, tema sobre el cual volveré en el próximo capítulo. El principio de continuidad permitió enfocar la investigación siguiendo un camino inverso, con una metodología que, en el fondo, es similar a la que Peirce llamó “retroducción”, y que suele también designarse como “abducción”, término que proviene de Aristóteles, pero con una significación diferente.

De acuerdo con tal metodología retroductiva, *el punto de partida de la investigación está en las etapas más avanzadas*, en las cuales el análisis de los mecanismos se torna más claro. En esas etapas se pone en evidencia que, en el proceso de organización de sus interacciones con el mundo físico, el niño utiliza —obviamente sólo al nivel de las acciones— relaciones que ya perfilan una lógica. A partir de allí, el análisis se retrotrae a niveles cada vez más primitivos, donde es posible identificar coordinaciones de acciones y formas de “poner en relación” los objetos sobre los cuales se ejercen las acciones, que contienen el *germen* de lo que serán después aquellas relaciones lógicas. Sólo entonces se pueden retomar las etapas del desarrollo, pero no en un camino unidireccional, sino en un “ir y venir” que pone paulatinamente al descubierto los procesos involucrados y dan certeza a la sucesión de etapas y subetapas. Tal tipo de análisis *retroductivo* permite reconstruir el proceso de desarrollo y poner en claro cómo procede *la construcción de los mecanismos constructivos* (véase capítulo 5).

Dicha reconstrucción retroductiva permite también fundamentar el uso del lenguaje y la terminología antes referida. Resulta entonces legítimo llamar “pre-X” a una actividad cognoscitiva, si X es un concepto o una relación definida en la lógica formal, y si es posible mostrar una sucesión de desarrollos que se presentan vinculados y que van desde la actividad designada como “pre-X”, en cierta etapa, hasta niveles en los cuales resulta clara la utilización de X. No puede quedar duda en este proceso de investigación, de que la expresión X pertenece a la lógica formal, mientras que la expresión “pre-X” pertenece a la psicología genética.

Si ahora aplicamos el principio de continuidad funcional a los procesos constructivos del conocimiento en todos los niveles, se presenta como ineludible un tipo de análisis similar en el nivel de la ciencia. Aquí deberemos recurrir a otra disciplina que contribuyó a construir el material empírico que nutrió al constructivismo: la Historia de la Ciencia. No se trata de retomar como referente empírico los logros de la ciencia y de los autores, sino lo que Piaget denominó “análisis histórico-crítico” de las conceptualizaciones y de las teorías científicas. Para este análisis no es suficiente con indagar en los textos de historia de la ciencia. Es imprescindible la exploración, en los textos originales, de las ideas de quienes produjeron los grandes cambios de rumbo en esa historia. Por otra parte, dicha exploración no puede tampoco circunscribirse al dominio estricto de los fenómenos involucrados, ni sólo a los procesos intelectuales de elaboración de las ideas. Hay factores sociogenéticos que juegan un papel trascendental en condicionar el tipo de teorías que han surgido en diversos lugares y períodos históricos (capítulo 6).

El estructuralismo genético

La propuesta constructivista, apoyada en los resultados de la metodología del análisis psicogenético, significó un enfoque enteramente diferente de la manera tradicional de abordar los problemas del conocimiento.

El principio de continuidad funcional implica que el conocimiento debe estudiarse como un proceso cuyo desarrollo es sólo definible en un contexto histórico-social. Por consiguiente, el objetivo de la epistemología no puede consistir en estudiar *estados* de conocimiento sin tomar en cuenta dichos contextos, ni limitarse a los métodos de validación a los cuales se vio reducido el empirismo. La epistemología constructivista se propone, por el contrario, analizar en qué consiste que un individuo, o la ciencia en un período dado, construyan lo que la misma sociedad considera como un nivel de conocimiento más avanzado.

La pregunta que surge de inmediato es ¿dónde se apoyan esos procesos constructivos? La respuesta no puede formularse en forma breve sin dar lugar a múltiples deformaciones y

equivocos, a los cuales —es necesario admitirlo— han contribuido las propias obras de Piaget, que no se caracterizan por la facilidad de lectura e interpretación. Esto nos obliga a intercalar aquí algunas aclaraciones de carácter general.

Piaget escribía frecuentemente en tono polémico tomando como referente a su máximo adversario, el empirismo que dominaba la filosofía de la ciencia de su época, particularmente en la forma extrema que representó el Círculo de Viena. El objetivo central contra el cual se lanzó reiteradamente fue la concepción del conocimiento defendida por el empirismo lógico cuyo núcleo epistemológico podía formularse como un “dualismo radical” entre *el conocimiento empírico*, extraído de la experiencia a partir de la percepción directa de datos sensoriales, y *la lógica* considerada como un lenguaje que coordinaría y organizaría dicho conocimiento ajustándose a reglas formales del propio lenguaje.

El programa de trabajo que propuso Piaget consistió precisamente en investigar *empíricamente*, a partir de experiencias realizadas en el campo de la Psicología Genética y apoyándose luego en la historia de la ciencia, la validez de esa concepción. Pero como ocurre en toda disciplina científica, no se enfrentó al test de la experiencia sin tener antes una hipótesis consistente que guiara la investigación y que pudiera traducirse en términos tales que la investigación empírica pudiera validar o refutar. Piaget tenía ya una concepción global que le permitió avanzar tal tipo de hipótesis y que estaba implícita desde sus investigaciones más tempranas, pero que formuló con precisión en su programa del Centro Internacional de Epistemología Genética, presentado como alternativa al dualismo radical del empirismo mencionado antes: “Todos los instrumentos o procedimientos formadores de conocimiento presentan en todos los niveles (es decir, desde la percepción y las asociaciones) *estructuras más o menos isomorfas a las estructuras lógicas*”.⁶

La hipótesis es claramente de carácter epistemológico y adquiere pleno sentido en el contexto de la teoría constructivista del conocimiento, como veremos con detalle en capítulos subsiguientes. Sin embargo, la forma en que está formulada dio lugar, lamentablemente, a todo tipo de equívocos que han sido fuente de múltiples deformaciones y falsas interpretaciones.

La importancia de la propuesta piagetiana sólo se evidenció a través del enorme esfuerzo realizado para traducir la hipótesis en un impresionante conjunto de experiencias psicogenéticas, de gran originalidad, que por primera vez darán a la epistemología el carácter de *disciplina empírica*.

Muchos años de experiencias psicogenéticas realizadas en el marco de la escuela ginebrina pero conducidas en diversos países permitieron corroborar aquella hipótesis, aun cuando tanto la formulación como el lenguaje utilizado en numerosos textos en los cuales se expusieron los análisis y las conclusiones de las experiencias, dieron lugar a una interminable serie de malentendidos y controversias.

La crítica más persistente se basa en una interpretación (errónea) según la cual la hipótesis, tal como la formuló Piaget, llevaría implícitas dos ideas:

1) que la estructura adquiriría una entidad tal que existiría (como objeto ontológico) en un mundo de ideas platónicas y

2) que la lógica tendría un carácter de realidad pre-existente a toda construcción, es decir, a la propia actividad del sujeto.

Nada más ajeno al pensamiento piagetiano. Nada es preexistente para el constructivismo, excepto los mecanismos biológicos que regulan los reflejos iniciales y condicionan las coordinaciones de las acciones. Sin embargo, debe admitirse que numerosos textos de Piaget han dado pie a tales interpretaciones. Tomaré como ejemplo un par de citas de uno de los volúmenes más importantes de los *Estudios de Epistemología Genética* (el volumen XIV). En el capítulo titulado "Problemas epistemológicos con incidencias lógicas y psicogenéticas"⁷ Piaget afirma: "Existen estructuras elementales comunes a todos los seres vivos y la creación de formas por la inteligencia prolonga la morfogénesis orgánica".

Así formulada, la hipótesis resulta equívoca. Hablar de "existencia de estructuras" tiene indudablemente un fuerte sabor platónico, que parecería reforzado por las declaraciones finales del mismo capítulo donde se afirma que:

el constructivismo no difiere de hecho del platonismo (sic) sino por rehusar hablar del universo de los posibles como si estuviera ya acabado o "existente". Pero el constructivismo retiene del

platonismo el sentimiento de que este universo es accesible, y esto por el procedimiento común a todas las escuelas, que es la construcción efectiva, tomando el término construcción en el más amplio sentido que comprende la reconstrucción axiomática.⁸

Manifestaciones como estas han contribuido sin duda al inmerecido destino que tuvo Piaget de ser puesto en el cajón común de todos los estructuralismos no-genéticos, donde es abandonado por la gran mayoría de los lectores que lo citan y comentan superficialmente sin haber estudiado a fondo su obra.

Hay otro punto en el cual el texto citado es altamente equívoco. Piaget se ha referido a la axiomática en diversos textos, dando la impresión de que se trata, para él, del desiderátum en los niveles más altos de los procesos constructivos del conocimiento, posición que no es compatible con nuestra formulación del constructivismo. En la segunda parte, cuando abordemos la dinámica de los procesos constructivos, retomaremos el tema mostrando las razones de la discrepancia. Es necesario entonces hacer algunas aclaraciones, basadas en las propias explicaciones que da Piaget en otras partes del mismo volumen y en muchos otros textos esparcidos en su monumental obra publicada.

Para tener una comprensión cabal de la epistemología constructivista se requiere despojar al término "estructura" de sus connotaciones logicistas y del sentido que tuvo en las famosas polémicas entre estructuralistas e historicistas a mediados del siglo xx. Dos situaciones tornan difícil la tarea. La primera es la variedad de textos en los cuales podemos encontrar citas como las que aquí han sido comentadas y que son suficientemente equívocas como para inducir a pensar en un platonismo atenuado. La segunda se refiere a la descripción de los famosos "estadios" (preoperatorio, operaciones concretas, operaciones formales) que ha contribuido a la idea de una pre-concepción estructuralista que condicionaría la investigación psicogenética.

Para aclarar las afirmaciones de Piaget que hemos citado —y otras semejantes— dentro del contexto general de su teoría del conocimiento y determinar el sentido que tienen en cada caso los términos que utiliza, debe tomarse en cuenta que su

lenguaje se mueve en dos niveles diferentes. Esta observación es particularmente importante con referencia a los términos “lógica” y “estructura”. Con respecto al primero hay que hacer una distinción fundamental. En general, el término “lógica” corresponde a la lógica del investigador, es decir, la lógica utilizada en las descripciones y explicaciones del material empírico. Pero en la investigación psicogenética el material empírico está constituido, en primera instancia, por las acciones del niño y luego su lenguaje. El objetivo de la investigación es descubrir y analizar el tipo de *organización* que presentan tales acciones y el tipo de inferencias que se ponen de manifiesto en el lenguaje en el cual se expresan. Dicha organización se designa justificadamente como “lógica del sujeto”, pero aquí es fundamental tener en cuenta que esta expresión está definida dentro de la psicología y de la epistemología, *no de la lógica formal*, lo cual hace indispensable mantener la distinción entre ambas “lógicas”.

La lógica del investigador como instrumento de investigación

El mayor obstáculo que encontré en sus comienzos la investigación psicogenética fue la dificultad de describir adecuadamente las acciones de los niños, en particular antes de la adquisición del lenguaje. La idea genial de Piaget, y quizá la más importante contribución inicial de sus trabajos, fue poner de manifiesto que, desde muy temprano, la coordinación de *las acciones podía ser adecuadamente descripta por el investigador en términos de relaciones lógicas*. El ejemplo más característico y más famoso es sin duda la descripción del gateo de un niño *en términos de una estructura de grupo*, que Piaget, tomando una idea original de Poincaré, explicó así:

El hecho de que el producto de dos operaciones de grupo sea también una operación de grupo corresponde a la coordinación de dos esquemas de acción en un nuevo esquema del mismo sistema de acciones; el hecho de que a una operación de grupo corresponda siempre una operación inversa, expresa la reversibilidad de las acciones que explica la conducta de “retorno”; el hecho de que el producto de una operación y de su inversa dé una

operación idéntica o nula, corresponde a la posibilidad, luego de una conducta de retorno, de reencontrar el punto de partida incambiado; finalmente, la asociatividad del grupo corresponde a la posibilidad de llegar al mismo punto por caminos diferentes.⁹

Esta *descripción comparativa* (y enfatizamos que se trata de una descripción) admite ser juzgada como “correcta” o “incorrecta”, pero no es pertinente calificarla de “logicista” o “estructuralista”. Estos dos últimos calificativos corresponderían a la interpretación que se haga de dicha descripción —si se admite como correcta— dentro de la *teoría epistemológica*, pero entonces estamos en otro nivel de análisis, con los criterios de validez propios del nivel teórico. Por eso, cuando Piaget propone, en su hipótesis de trabajo, investigar si el desarrollo del conocimiento “presenta en todos los niveles *estructuras más o menos isomorfas* a las estructuras lógicas”, la frase subrayada carece de sentido para un lógico, pero en el contexto de la teoría piagetiana tiene una clara significación que será analizada más adelante. Por consiguiente, la única crítica pertinente (desde el punto de vista de una *metodología científica*) no estaría al nivel de la teoría, sino que debería limitarse a impugnar la validez de la investigación psicogenética que la sustenta.

Estas consideraciones fundamentan la utilización de la *lógica del investigador* y justifican utilizar las estructuras lógicas para describir las actividades de los *sujetos cognoscentes*, sin que ello signifique imponer una concepción estructuralista a la investigación ni atribuir dicha lógica a los niños. En esto el investigador (epistemólogo y psicólogo) procede sin diferencia con otras disciplinas científicas.

La lógica del sujeto cognoscente

Quizá la característica más importante y original de la teoría piagetiana del conocimiento (que la diferencia de todas las otras epistemologías) es considerar a la lógica como resultado de un *proceso constructivo*. Sin embargo, esta afirmación encierra una ambigüedad que ha sido fuente de las mayores confusiones. Dicha ambigüedad está ya presente en la hipótesis que hemos estado considerando, porque ella se refiere a “los

instrumentos formadores de conocimiento”, y esta es una frase críptica que requiere explicitación.

En primer término debemos notar que hay aquí dos problemas amalgamados que es necesario separar en dos preguntas que formularé en orden inverso. La primera pregunta es ¿qué significa en la teoría piagetiana la expresión “formadores de conocimiento”? El término “formateur” que utiliza Piaget tiene en francés una acepción que el diccionario Robert¹⁰ califica de “rara” y define como “aquello que *da una forma*, que *impone un orden*”. En la teoría piagetiana la actividad cognoscitiva consiste precisamente en “dar forma”, “imponer un orden” en las interacciones del sujeto cognoscente con lo que llamamos provisoriamente “el mundo exterior”. Pero “imponer un orden”, lejos de lograrse con una pasiva recepción de “datos sensoriales”, a los cuales se les pondría en orden a posteriori, requiere una actividad constructiva de formas organizativas, las cuales intervienen desde el inicio en la interpretación de los datos.

Esto conduce a la segunda pregunta: ¿en qué consiste esa actividad, con qué medios o “instrumentos” se realiza? Responder a esta pregunta significa entrar en el meollo mismo de la teoría constructivista. Para ello debemos hacer previamente algunas reflexiones terminológicas.

El término “estructura”, monopolizado desde fines del siglo XIX por la matemática y la lógica, en una acepción a la cual se asociaron, en el siglo XX, la lingüística y la sociología, registra honorables antecedentes históricos que datan de los siglos XVI y XVII y que nada tienen que ver con esas disciplinas, pero que fueron el origen del concepto general de estructura (utilizado aún en Estética). Históricamente, el término se usó con referencia a “un conjunto organizado de relaciones” o “un conjunto organizado de partes o elementos interrelacionados”. En la hipótesis formulada por Piaget, donde propone investigar si el desarrollo del conocimiento “presenta en todos los niveles estructuras más o menos isomorfas a las estructuras lógicas”, la primera mención de “estructura” debe entenderse como referida a la lógica del sujeto, mientras que la segunda mención corresponde a la lógica formal que utiliza el investigador. Que la organización de las acciones y las verbalizaciones del sujeto como conjunto de partes y relaciones más o menos

organizado (acepción general de “estructura”) sean o no “más o menos isomorfas” (con una definición de “isomorfismo parcial”, dentro de la psicología, que aclararemos más adelante) a las estructuras de “la lógica formal”, es un *hecho empírico* que la Psicología Genética se propuso dilucidar. En la presente obra, cuando hablemos de estructura sin aclaración deberá entenderse que utilizamos el término en la acepción general que da el diccionario.

Hechas estas aclaraciones volvamos a la pregunta que dejamos pendiente (en qué consiste la actividad constructiva de formas organizativas y con qué medios o “instrumentos” se realiza). La respuesta puede sintetizarse en el *dictum* piagetiano parafraseado de la siguiente manera: “El sujeto de conocimiento estructura la ‘realidad’, es decir, sus objetos de conocimiento, a medida que estructura, primero, sus propias acciones, y luego sus propias conceptualizaciones”. O, dicho más específicamente: el sujeto construye sus instrumentos de organización (estructuración) de lo que llamamos “el mundo de la experiencia”, puesto que —y este es el nudo del problema— sólo a través de esas organizaciones (estructuraciones) puede asimilarlo. Aquí el concepto clave es el de *asimilación cognoscitiva*, piedra angular de la epistemología constructivista.

Con esto realizamos el tránsito a través de la frontera, muchas veces desdibujada en las obras de Piaget, que separa la Psicología Genética de la Epistemología Genética, que no es otra cosa que la frontera entre la *investigación empírica* de las actividades cognoscitivas y las conceptualizaciones que corresponden al campo de la *teoría* del conocimiento, teniendo siempre presente que dicha frontera se cruza permanentemente en ambas direcciones. Son las investigaciones empíricas de las actividades cognoscitivas (campo de la Psicología Genética) las que constituyen el material de base de las conceptualizaciones del campo de la Epistemología Genética y, por otra parte, son estas conceptualizaciones las que constituyen la teoría que guía a la investigación empírica.

Hemos dejado pendiente otra de las hipótesis de carácter general que está en la base de la epistemología constructivista, y que hemos denominado, antes, “la tesis de continuidad funcional”. Ella expresa la continuidad del proceso constructi-

vo en todos los niveles, desde la infancia hasta las más abstractas teorías de todas las disciplinas. Su postulación se fundamentó en consideraciones teóricas, surgidas en primer término y corroboradas luego por la otra disciplina que, como hemos señalado, contribuyó a constituir el material empírico que nutrió el constructivismo: la Historia de la Ciencia.

Esta obra tiene como base lo que considero el núcleo de la epistemología genética que está dispersa en las frondosas publicaciones de Piaget, aun cuando en algunos momentos de su larga trayectoria hubo esfuerzos de sistematización y síntesis parciales. La integración de sus diversos fragmentos, algunos de los cuales se encuentran en publicaciones póstumas, no es tarea simple. En el prefacio a *Psicogénesis e historia de la ciencia*, Bärbel Inhelder, la gran colaboradora de Piaget, señala tres de esas grandes síntesis: la *Introducción a la epistemología genética* (1950), *Epistémologie mathématique et psychologie* [EEG XIV] (1961) y el libro objeto de ese prefacio (1982). Sin embargo, es difícil aceptar que cualquiera de ellas sea representativa de la teoría en su conjunto.

En lo que sigue, intento exponer, en un lenguaje muy condensado, las conclusiones epistemológicas fundamentales que constituyen el núcleo de la teoría piagetiana del conocimiento, formulándolas en forma de tesis.

Siete tesis sobre la construcción del conocimiento

Tesis I

El desarrollo del conocimiento es un proceso continuo que sumerge sus raíces en el organismo biológico, prosigue a través de la niñez y de la adolescencia, y se prolonga en el sujeto adulto hasta los niveles de la actividad científica.

Esta tesis lleva a las siguientes consecuencias:

1. Debe haber continuidad entre los procesos biológicos y las acciones del recién nacido, cuyas coordinaciones constituirán el comienzo de lo que serán procesos cognoscitivos, así como continuidad en los mecanismos cognoscitivos precientíficos y científicos.

2. Dicha continuidad es *funcional, no estructural*. Se refiere a los mecanismos formadores de nociones, ideas, conceptualizaciones y teorizaciones (desde los niveles más rudimenta-

rios, hasta los más altos niveles de abstracción), sin que haya, obviamente, continuidad en los contenidos, ni en la forma de organización.

Tesis II

El conocimiento surge en un proceso de organización de las interacciones entre un sujeto ("el *sujeto* de conocimiento") y esa parte de la realidad constituida por los objetos ("el *objeto* de conocimiento").

Esto supone:

a) que el sujeto debe coordinar sus propias acciones, para poder interactuar, así como establecer coordinaciones con los objetos;

b) que el sujeto construye las formas de organización de los objetos de conocimiento;

c) que esas formas de organización intervienen en los mecanismos inferenciales inherentes a toda interpretación de la realidad;

d) que tales formas, incipientes en los niveles elementales, llegarán a constituir, durante el desarrollo, las estructuras lógicas que culminan en la lógica formal y en las estructuras matemáticas.

Tesis III

La génesis de las relaciones y las estructuras lógicas y lógico-matemáticas está en las *interacciones* sujeto-objeto. No proviene del objeto, como abstracciones y generalizaciones de percepciones empíricas, ni del sujeto, como intuiciones puras o ideas platónicas. Su raíz primera está en las coordinaciones de las acciones del sujeto sobre el objeto.

Esto significa:

a) que toda acción del sujeto está siempre coordinada con otras acciones, ya que no existen acciones aisladas y que sus acciones son siempre solidarias con otras acciones;

b) que de estas coordinaciones se extraen formas que pueden ser desprendidas de sus contenidos;

c) que tales formas se coordinan a su vez y generan las operaciones fundamentales que constituyen el punto de partida de las estructuras lógicas.

Tesis IV

Organizar los objetos, situaciones, fenómenos de la realidad empírica (en tanto son objetos de conocimiento) significa establecer *relaciones* entre ellos. Pero las relaciones causales no son observables: son siempre inferencias. Causalidad y lógica nacen mancomunadas. En un comienzo, las observaciones (que involucran *constataciones*) y las anticipaciones (que son formas elementales de *inferencias*) son indiscernibles y se desarrollan en correspondencia. Finalmente adquieren autonomía. Las *explicaciones causales* (es decir, la búsqueda de *razones* en las relaciones causales inferidas) consisten en atribuir a la realidad empírica una contraparte ontológica de las *relaciones lógicas* establecidas en la teoría con la cual explicamos esa realidad.

Tesis V

El desarrollo del conocimiento no procede de manera uniforme, por simple expansión, ni por acumulación aditiva de elementos. No es el desarrollo de algo que estaba preformado, ni proviene de la agregación y elaboración de elementos recibidos de la experiencia. El desarrollo tiene lugar por *reorganizaciones sucesivas*. Esto significa que la *elaboración* de los instrumentos cognoscitivos del sujeto procede por etapas.

Tesis VI

En todo dominio de la realidad (físico, biológico, social) *las interacciones* del sujeto con los objetos de conocimiento dan lugar a *procesos cognoscitivos* que se construyen con *los mismos mecanismos*, independientemente del dominio. Por consiguiente, en tanto se trate de la asimilación de objetos de conocimiento, no hay dicotomía, en el nivel psicogenético, entre los fenómenos del mundo físico y los fenómenos del mundo social.

Tesis VII

El sujeto de conocimiento se desarrolla desde el inicio en un contexto social. La influencia del medio social (que comienza con la relación familiar) se incrementa con la adquisición del lenguaje y luego a través de múltiples instituciones sociales, incluida la misma ciencia. Su acción se ejerce condicionando y

modulando los instrumentos y mecanismos de asimilación de los objetos de conocimiento, así como el aprendizaje.

En los capítulos siguientes no vamos a desarrollar secuencialmente estas siete tesis. El objetivo será presentar un marco conceptual y metodológico que permita su inserción dentro de una teoría sistémica y su integración con desarrollos posteriores.

Notas

¹ Goldman (1955).

² Véase Piaget y García (1983), capítulo 8, p. 216.

³ [EEG I], p. 27.

⁴ Piaget y García (1983).

⁵ García (1998).

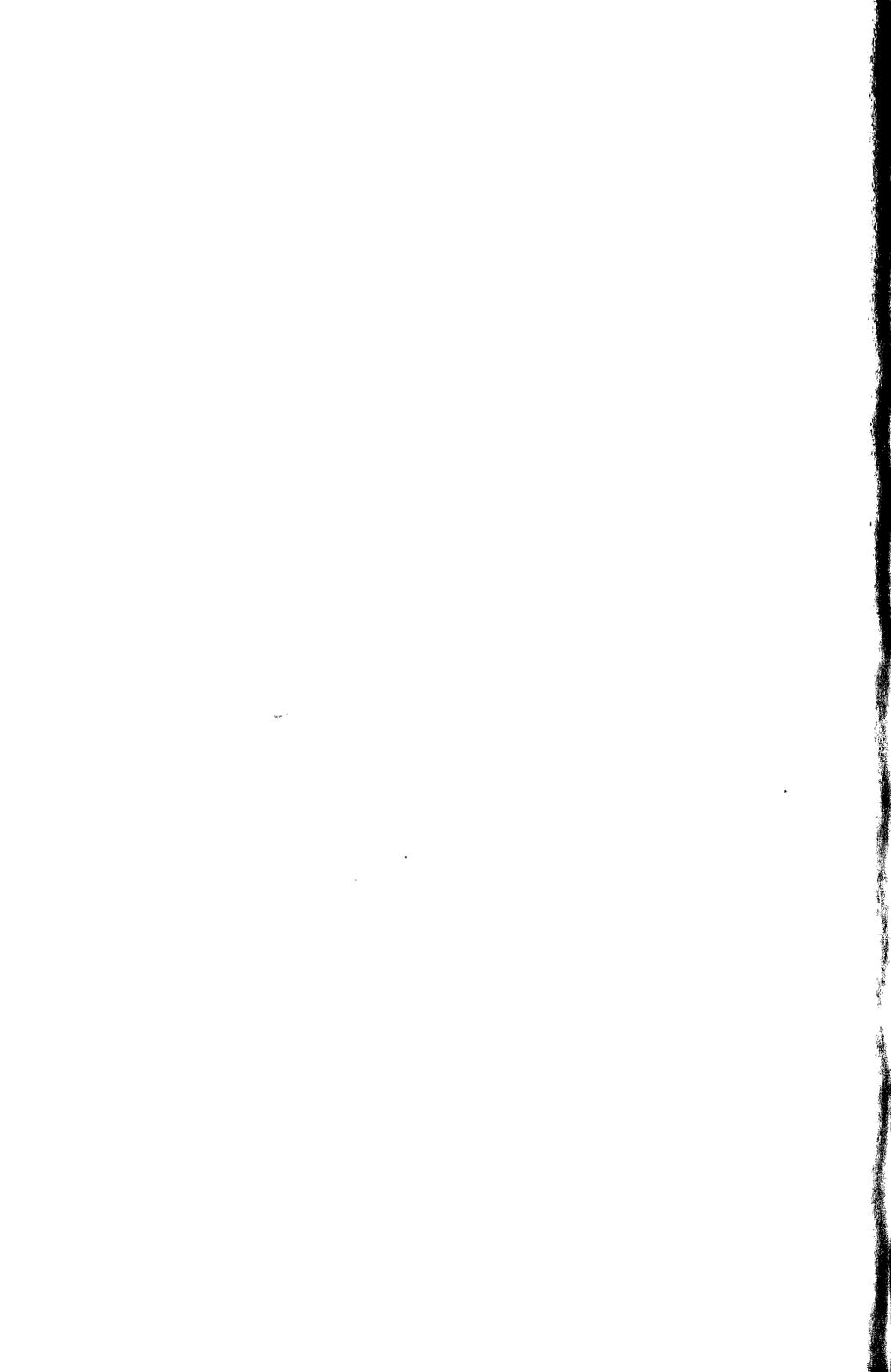
⁶ [EEG V], p. 2.

⁷ [EEG XIV], p. 318.

⁸ *Ibid*, p. 324.

⁹ [EEG I], p. 45.

¹⁰ Le Robert: *Dictionnaire Historique de la Langue Française* (1992).



3

El conocimiento como sistema complejo

El planteamiento general de la propuesta constructivista expuesto en el capítulo precedente parte de una distinción inicial entre el material empírico de base, que englobamos en el concepto de *complejo cognoscitivo* (nivel I), y la organización de dicho material para la construcción de la teoría epistemológica (nivel II). A su vez, la organización del material que se presenta en el complejo cognoscitivo responde a dos objetivos diferentes en la labor del epistemólogo, por cuanto debe analizar, por una parte, *cómo se construye el conocimiento*, tanto a nivel individual como a nivel social (particularmente la construcción de la ciencia) y, por otra parte, *cómo construir la teoría del conocimiento*. El primer problema (cómo se construye el conocimiento) será el tema de los capítulos siguientes. En este capítulo nos ocuparemos de la organización del material empírico de manera adecuada para su estudio sistemático.

Un primer paso en esa dirección fue dado al agrupar los datos que integran el complejo en tres subtotalidades pertenecientes a los dominios biológico, psicológico y social (capítulo 2). Estos tres grandes componentes del complejo constituyen los campos de estudio de disciplinas que se han desarrollado con gran autonomía: la biología, la psicología, la sociología (cada una con sus diversas ramas). Sin embargo, cuando se trata de la organización de dicho material para su estudio en el nivel II, en tanto elementos del complejo cognoscitivo, se torna claro que no puede establecerse una división tajante entre los domi-

nios. Surge entonces la necesidad de considerarlos como parte de un sistema dentro del cual los elementos que representan los tres dominios no actúan con independencia unos de otros. El término sistema se utiliza aquí en su sentido estricto, como una totalidad con propiedades que no son simplemente un agregado de las propiedades de sus elementos. El sistema así construido tiene características que nos permiten incluirlo en una categoría que en otras publicaciones he calificado de "sistemas complejos".¹ Aunque abordar el tema en profundidad merecería una obra exclusivamente consagrada a ello, es imprescindible ofrecer al menos una aproximación un tanto sintética que fundamente la consideración del conocimiento como sistema complejo.

Complejidad y sistema complejo

"Complejidad" es, sin duda, un término de moda, y el número de obras de la más diversa índole dedicadas a las llamadas "teorías de la complejidad" está en constante incremento. La mayor parte de ellas se basa en el estudio de los *sistemas dinámicos* representados por ecuaciones diferenciales no lineales. "Complejidad" se ha convertido así en un término monopolizado por quienes, con el auxilio de poderosas computadoras, construyen *modelos formales* para analizar fenómenos que sean *formalizables*. El estado en que se encuentra el problema de la complejidad está expresado en la Introducción al coloquio de Cerisy sobre "Las teorías de la complejidad"² en el cual Atlan (en cuyo honor se realizó el coloquio) hace la siguiente afirmación:

Hemos encontrado hasta ahora tres nociones diferentes de complejidad. Dos de ellas son formalizadas y designan, respectivamente, la dificultad para que una máquina programada pueda llevar a cabo una tarea, y la incertidumbre probabilista (o la falta de información) sobre una estructura observada. La tercera designa una intuición, no cuantificada, sobre nuestra dificultad de comprender una exposición, una idea. Está claro que esta dificultad de comprensión no puede ser precisada en tanto que no sepamos exactamente qué tipo de operaciones hacemos cuando comprendemos o no comprendemos una cosa. (p. 34)

La tercera “noción de complejidad” propuesta por Atlan (y podrían multiplicarse las referencias a otros autores que hacen afirmaciones similares) nos deja perplejos. Parece implicar que aquellos problemas que no admiten algún tipo de tratamiento formal, alguna forma de matematización, quedan relegados al nivel de las ideas de las cuales sólo pueden tenerse “intuiciones”.

No es aceptable que todo lo que no es matematizable sea ubicado en la categoría de dicha “tercera noción” de complejidad (con las asociaciones inmediatas hacia “tercer mundo”, “tercera edad” y similares). La categorización de Atlan (compartida, como he dicho, por una gran cantidad de obras sobre “teorías de la complejidad”) deja de lado la posibilidad de estudiar racionalmente muchos problemas que preocupan hondamente al mundo contemporáneo, de los cuales el más manido es, sin duda, el deterioro ambiental (del cual me he ocupado en otros trabajos). Son principalmente los grandes temas sociales, económicos y políticos, que no son matematizables, los relegados a esta tercera noción de “complejidad” (aunque tampoco las llamadas “ciencias duras” escapan a ella por completo).

Aun cuando no podamos profundizar aquí en el análisis de la problemática, es importante hacer ciertas aclaraciones concernientes al término “complejo”. En primer lugar, es necesario reparar en el hecho de que no hay definición del sustantivo “complejidad”. Lo que se define en todos los ejemplos estudiados es el adjetivo “complejo”. Más precisamente, se identifican fenómenos, situaciones, comportamientos, procesos, a los que se puede calificar de complejos, en un sentido que es necesario precisar en cada caso. Hablamos de “algoritmos complejos”, de “comportamientos complejos”, de “estructuras complejas”. En cada una de estas expresiones cambia el sentido del término “complejo”. Esto no implica que no se pueda usar de manera significativa el término “complejidad”, ni que acusemos de hipostatización ilegítima a quienes lo emplean. Pero sí implica restarle legitimidad a la pregunta “¿qué es la complejidad?”, y cuestionar la expresión “teorías de la complejidad”.

Recordemos que en el capítulo 2 el término “complejo” fue utilizado como *sustantivo*, con referencia a lo que denominé *el complejo cognoscitivo*. En este capítulo el término “complejo”

será utilizado también como *adjetivo*, en la expresión “sistema complejo”, con una significación muy específica y como caso particular de una temática que he desarrollado en numerosos trabajos con referencia a muy diversos dominios.³

Para los objetivos de la presente obra, emplearemos el término “sistema” en un sentido preciso, caracterizándolo como una *representación* de un *recorte* de la realidad (que en nuestro caso es el complejo cognoscitivo considerado en el capítulo 2) que sea *analizable* (aunque no sea, en general, *formalizable*) como una *totalidad organizada*, en el sentido de tener un *funcionamiento* característico. Llamaré “funcionamiento” de un sistema al conjunto de *actividades* que puede realizar (o permite realizar) el sistema, como resultante de la coordinación de las *funciones* que desempeñan sus partes constitutivas.

Con esa definición de sistema es posible distinguir dos grandes grupos, con marcadas diferencias:

- *Sistemas descomponibles*. Son conjuntos de elementos *organizados*, con un funcionamiento característico, pero cuyas partes son aislables y pueden modificarse independientemente unas de otras. Una casa es un ejemplo de sistema descomponible. En tanto sistema, tiene propiedades características como totalidad, tales como estar bien iluminada, ser fresca en verano, poseer condiciones de seguridad, etc. Pero es descomponible, vale decir, un elemento (por ejemplo el sistema eléctrico, los pisos o las ventanas) es modificable sin que se modifiquen los demás elementos. Un sistema descomponible muy sofisticado será calificado de “complicado”, pero no de “complejo”.

- *Sistemas no-descomponibles o semi-descomponibles*. Son sistemas constituidos por procesos determinados por la confluencia de múltiples factores que interactúan de tal manera que no son aislables. En consecuencia, el sistema no puede ser adecuadamente descripto, ni su funcionamiento explicado, por mera adición de enfoques parciales provenientes de estudios independientes de cada uno de sus componentes. En un sistema no-descomponible, los distintos componentes sólo pueden ser definidos en función del resto. A estos sistemas cuyos elementos o subsistemas están interdefinidos les aplicamos el calificativo de “complejos”.

La investigación de un sistema complejo así definido presenta serias dificultades. Sin embargo, su estudio puede realizarse de manera rigurosa si el investigador se atiene a algunos principios generales, que sirven para ordenar el análisis, sin caer en la estéril generalización de que en un sistema complejo "todo interactúa con todo". Distinguiré dos tipos de principios que designaré respectivamente como *principios de organización* y *principios de evolución*. Pero antes será necesario hacer algunas observaciones sobre el material empírico de base y sobre algunos problemas relacionados con la construcción del sistema.

Datos, observables y procesos

Cuando estudiamos un complejo empírico determinado, no podemos analizar "todos" sus elementos, no sólo debido a una imposibilidad material (¿qué significa "todos"?), sino por razones prácticas.

En el caso de un "complejo agrario", por ejemplo,⁴ no examinamos cada metro cuadrado de suelo, ni la profundidad del subsuelo, ni la actividad de cada agricultor. De la misma manera, en el caso del complejo cognoscitivo no se examinan todos los procesos cerebrales, ni todas las actividades psicológicas de un individuo, o las actividades familiares o institucionales que en un principio se consideraron pertinentes, cuando se determinaron los elementos del complejo.

Es inevitable, por consiguiente, que cada estudio establezca relaciones entre *un limitado número de elementos abstraídos del complejo* (susceptibles de revisión a lo largo de la investigación). Pero toda abstracción significa tomar en cuenta algunos aspectos del complejo dado, y no otros. Resulta obvio, sin embargo, que cuando un elemento es "abstraído" y otros dejados de lado, es porque hemos hecho ya una *interpretación* de tal elemento. Un ejemplo (tomando otra vez como referencia un complejo agrario) puede clarificar este punto.

Cuando llegamos a una comunidad agrícola, no "vemos" campesinos. Los *datos* que tenemos frente a nosotros son individuos con ciertas características personales. El hecho de que sean "campesinos" es el resultado de una elaboración conceptual concerniente a las actividades de dichos individuos

y a sus relaciones con la producción dentro de la sociedad a la cual pertenecen. Es natural, sin embargo, que cuando arribamos a ese lugar inmediatamente identifiquemos a los individuos que “vemos”, como campesinos. El individuo es un *dato* de la experiencia. El campesino es un *observable*, en el sentido de ser una *interpretación* (conceptualización) del dato.

El problema se complica cuando se pasa de la identificación de los elementos (“observables”) abstraídos del complejo dado, a un primer intento de interpretación de los procesos que tienen lugar entre ellos. Provisoriamente definiré un *proceso* como un cambio o una serie de cambios que constituyen el curso de acción de relaciones que se designan como “causales” entre eventos (naturales o producidos por la intervención humana). Los procesos no son *datos* dados empíricamente, ni son *observables* construidos como interpretación de los datos: son *relaciones* establecidas sobre la base de *inferencias*. El rol que juegan estas inferencias en el estudio del complejo dado es el tema central del marco conceptual y metodológico que propondremos en este capítulo.

La construcción del sistema

La distinción entre *datos*, *observables* y *procesos* conduce al problema más general que está en la raíz de todas las metodologías de trabajo empírico: la relación entre lo que podríamos llamar “la materia prima” que proviene de la experiencia y las conceptualizaciones del investigador.

Para facilitar el lenguaje, la distinción entre *dato* y *observable* será utilizada solamente cuando se haga necesaria tal discriminación en el análisis epistemológico. En general adoptaré la terminología corriente en la cual la expresión “dato empírico” cubre ambas categorías.

Con los *elementos* abstraídos del complejo empírico (conceptualizaciones de datos empíricos) y las relaciones y procesos inferidos, el investigador construye un *sistema*. Si antes consideré un sistema como una representación de un recorte de la realidad analizable como una totalidad organizada, ahora estamos ya en posibilidad de profundizar esta caracterización definiendo *sistema* como una construcción conceptual producida por el investigador, con la cual representa lo que considera

ser las actividades más significativas que fueron incluidas en el complejo empírico (en este caso, el complejo cognoscitivo). Sin embargo, en la práctica hay una tendencia a usar, de manera ambigua, el término "sistema" para referirse tanto al material empírico de base como al sistema conceptual construido sobre él. Repitamos que "construir" un sistema significa elegir los elementos abstraídos del material, e identificar (es decir, *inferir*) un cierto número de relaciones entre dicho conjunto de elementos. El conjunto de relaciones constituirá la estructura del sistema.

Debe notarse que con los mismos elementos pueden construirse sistemas diferentes. En general, se trata de sistemas cuyas estructuras difieren en la medida en sea diferente el conjunto de relaciones que haya sido tomado en cuenta. La selección depende de los objetivos de la investigación, y estará determinada por las *preguntas* específicas que se formulen con respecto al tipo de situaciones que se estudian. Este es un punto de excepcional importancia que requiere ser analizado con cierta detención.

Todas las teorías científicas, cualquiera sea su nivel explicativo, se han desarrollado históricamente con un intento de explicación y como respuesta a cuestiones específicas a cierto tipo de fenómenos. Las revoluciones científicas y las nuevas teorías que emergieron de ellas no se debieron tanto al hecho de haber encontrado nuevas respuestas para las viejas preguntas, sino de haber sido capaces de formular nuevas preguntas para los viejos problemas.

Un ejemplo concreto puede ayudar a clarificar este punto. Recurriré nuevamente a un campo de investigación que he explorado a fondo como dominio de aplicación de la metodología de sistemas complejos que nos concierne en este capítulo.⁵

Un proyecto de investigación diseñado para contestar la pregunta "¿cómo se puede aumentar la producción de elementos básicos en la región X?", será muy diferente del proyecto diseñado para responder a la pregunta, "¿por qué aumentó la malnutrición de ciertos sectores de la región X?".

En los dos casos se trata de problemas concernientes a la productividad y suficiencia de alimentos, pero desde perspectivas muy diferentes. Al interior de la segunda pregunta encontramos también la posibilidad de diferentes proyectos de

investigación que dependerán de las concepciones del investigador. Si él está convencido de que la malnutrición es una consecuencia del desequilibrio entre la producción y el crecimiento demográfico, buscará —y sin duda encontrará!— información que, tomada en sí misma, confirmaría su teoría. A su vez el diseño de investigación será muy diferente para un investigador que concibe la malnutrición como resultado de problemas estructurales que comprenden tanto la producción como el conjunto complejo de relaciones sociales, económicas y políticas, a las cuales está sujeta la vida de la región así como también los condicionamientos externos a ella. Los *observables* que registren ambos investigadores, así como la cadena de inferencias que los vinculan, serán muy diferentes. Pero hay un factor adicional que es preciso considerar: Las preguntas no surgen de un investigador “neutro”, sino que involucran su concepción del mundo y de la sociedad (su *Weltanschauung*), que hemos denominado “marco epistémico”.⁶

Las consideraciones precedentes serán elaboradas en la segunda parte de este libro, pero son necesarias aquí a fin de hacer explícitas las bases epistémicas y la metodología que estamos aplicando para la construcción del sistema cognoscitivo. El objetivo de la construcción del sistema cognoscitivo puede resumirse como la consecución de la siguiente hipótesis: *Dada una cierta caracterización del complejo cognoscitivo, y un conjunto de cuestiones referidas a él, es posible definir un sistema complejo, con los elementos e interrelaciones (abstrádas e inferidas) de dicho complejo, de tal manera que su organización y evolución permitan dar cuenta de las actividades que fueron identificadas como teniendo carácter cognoscitivo.*

Antes de entrar en el análisis de los principios de organización (para luego pasar al del principio general de evolución) desde nuestro enfoque particular, es necesario hacer referencia a un autor de gran prestigio que utiliza una conceptualización similar. Se trata de Herbert Simon, cuyo Premio Nobel es en Economía, pero que ha incursionado en numerosas disciplinas. En su obra *Las ciencias de lo artificial*⁷ hay un capítulo titulado “La arquitectura de la complejidad” en el cual se refiere a la “frecuencia con que la complejidad adopta la forma de jerarquía”, definida de la siguiente manera:

Por sistema jerárquico, o jerarquía, entiendo un sistema compuesto por subsistemas relacionados entre sí, en que cada uno es jerárquico, dentro de la estructura del que sigue a continuación, hasta llegar al nivel más bajo del subsistema elemental.

El ejemplo típico de Simon es la estructura jerárquica de los sistemas biológicos:

Si tomamos a la célula como ladrillo del edificio, encontramos células organizadas en tejidos, tejidos en órganos, órganos en sistemas.

Pero también da otros ejemplos que se apartan aun más de nuestra concepción de sistemas complejos:

Un libro —dice Simon— es una jerarquía en el sentido en que yo utilizo el término. Por lo general está dividido en capítulos, los capítulos en apartados, los apartados en párrafos, los párrafos en oraciones, las oraciones en cláusulas y frases, las cláusulas y frases en palabras.

Simon se extiende en una cantidad de consideraciones acerca de cómo la jerarquización facilita el estudio de un sistema, y llega incluso a conjeturar que la jerarquización en los sistemas biológicos habría acertado considerablemente los tiempos de la evolución.

Los sistemas jerárquicos de Simon se asemejan a las cajas chinas en que cada caja contiene a otra y está contenida en otra mayor (excepto la primera y la última). Su observación de que tal tipo de organización facilita el estudio es de indudable valor, pero considero que los sistemas jerárquicos a los que él se refiere constituyen sólo una categoría restringida de los sistemas a los cuales les es aplicable el calificativo de "complejos". Los sistemas complejos que he utilizado como ejemplos en este capítulo no están organizados en forma jerárquica. En cuanto al sistema que es nuestro objeto de estudio en la presente obra, sólo podríamos hablar de una "jerarquía de niveles" entre los componentes biológicos, psicológicos (o mentales) y sociales si forzáramos los términos.

Hechas estas aclaraciones acerca de una terminología muy difundida —dada la autoridad de Simon—, pero no aplica-

ble al sistema cognoscitivo, expondremos los principios de organización y el principio general de evolución que han sido anunciados.

Principios de organización

a) *Estratificación*

La organización jerárquica definida por Simon constituye un caso particular dentro de las formas de organización características de los sistemas naturales (físicos, biológicos, económicos, sociales). Tales sistemas están organizados por niveles, pero no necesariamente por niveles jerárquicos. La forma característica de los sistemas complejos responde a lo que denomino *el principio de estratificación*, al presentar una disposición de sus elementos en niveles de organización con dinámicas propias pero interactuantes entre sí. Dicho de otra manera, el conjunto de factores que directa o indirectamente determinan el funcionamiento de tales sistemas se distribuye en niveles estructuralmente diferenciados con dinámicas propias semi-autónomas, pero no necesariamente interrelacionadas jerárquicamente como en los sistemas a los cuales se refiere Simon. Los niveles no son interdefinibles y cada uno puede ser estudiado de manera relativamente independiente, pero las interacciones entre niveles son de tal naturaleza que cada uno condiciona o modula la actividad de los niveles adyacentes. De aquí el nombre de semi-descomponibles aplicado a estos sistemas.

La forma de organización por niveles ha sido confirmada en el dominio de la Física en lo que Silvan Schweber llama "la crisis en la teoría física".⁸ Para comparar la situación actual con las ideas que prevalecieron durante la mayor parte de este siglo, Schweber recurre a una cita de Einstein, quien afirmaba:⁹

El test supremo de los físicos es llegar a aquellas leyes elementales universales a partir de las cuales el cosmos puede ser construido por pura deducción.

En contraste, Philip Anderson escribió, en 1972, en un artículo titulado "More is different":¹⁰

Cuanto más nos dicen los físicos dedicados a partículas elementales acerca de las leyes fundamentales, tanto menos pertinen-

cia parecen tener para los problemas reales del resto de la ciencia, y aun menos para los problemas de la sociedad. La hipótesis construccionista¹¹ queda demolida cuando se confronta con las dos dificultades gemelas de escala y complejidad.

En el artículo citado, Schweber desarrolla esa idea mostrando cómo se ha consolidado la concepción de un universo físico dispuesto en niveles “cada uno con su ontología casi-estable, y su teoría efectiva casi-estable, y cuya distribución está bastante bien entendida”. La suposición implícita en la aserción de Einstein (que defiende Schweber) es que el Universo está constituido de tal manera que las mismas leyes, las mismas formas de organización, rigen en todos los dominios y en todas las escalas de fenómenos, suposición contraria al principio de estratificación.

b) Interacción entre niveles

Retomaré entonces la caracterización del principio de estratificación que antes fue expuesta para abordar lo que constituye una de las mayores dificultades en el estudio de los sistemas complejos: las interacciones entre los diferentes niveles de organización.

Si el principio de estratificación establece, como característica general de los sistemas complejos, una disposición de sus elementos por *niveles de organización* con dinámicas propias, pero interactuantes entre sí, entonces la cuestión de las interacciones ocupa un lugar prominente (particularmente, como lo veremos luego, en el caso del sistema cognoscitivo). A fin de facilitar el análisis, en otros trabajos he preferido utilizar el concepto de “flujos” (de *manera metafórica*, por analogía con el concepto de flujo magnético definido en física como “líneas de fuerza que atraviesan la superficie de un cuerpo sometido a un campo magnético”). Para un nivel dado, las interacciones con los otros niveles se pueden representar como flujos de “entrada” y flujos de “salida”, no necesariamente materiales. Al efecto neto sobre un nivel dado de las interacciones con los otros niveles lo he denominado *condiciones de contorno* de dicho nivel. Los conceptos de *condiciones de contorno* y de *flujo* se aplican también entre subsistemas de un sistema y en las interacciones del sistema total con otros sistemas.

Las condiciones de contorno no *determinan* necesariamente los procesos que tienen lugar en el nivel de referencia, pero juegan un rol decisivo en *condicionar* la generación y modalidades de evolución de los procesos de cambio. Este es un aspecto de fundamental importancia a tener en cuenta en el análisis del desarrollo del sistema cognoscitivo (como veremos al final de este mismo capítulo).

El hecho de que cada nivel tenga su dinámica propia responde a las características de los elementos que integran cada uno de ellos. A este respecto, uno de los factores fundamentales es la *escala*, tanto espacial como temporal, de los procesos que están involucrados. Debe quedar claro que "dinámica propia" no significa que sea completamente autónoma. Esta semi-autonomía de los niveles de organización de un sistema suele designarse como "desacoplamiento" de niveles. Cuando consideramos las teorías científicas referidas a los componentes de un sistema, el hecho de que los niveles estén *desacoplados* significa que las teorías desarrolladas en cada uno de ellos tienen suficiente autonomía como para no ser necesariamente invalidadas por descubrimientos o desarrollos en otros niveles (véase cita previa de Anderson).

c) Articulación interna

Dentro de cada nivel los elementos pueden agruparse en "subsistemas" constituidos por aquellos elementos que tienen un mayor grado de interconexión entre sí que con los demás. Estos subsistemas funcionan como "subtotalidades" que se articulan por relaciones cuyo conjunto constituye la *estructura* del nivel.

Aquí corresponde una aclaración terminológica. El término "subsistema" es relativo a una totalidad mayor que lo incluye. Tal relatividad es similar a la que se da en la teoría de conjuntos. Un subconjunto es parte de un conjunto, pero es también un conjunto con sus propios subconjuntos (que serían sub-subconjuntos del conjunto anterior).

Principio general de evolución

La idea de formular una teoría general de sistemas complejos provino fundamentalmente del hecho de que dichos

sistemas, con fenómenos y procesos muy disímiles dentro de temas en disciplinas muy diversas, presentan notables características comunes en su evolución. Sigue de allí, casi como corolario, que los mecanismos que rigen su desarrollo presentan también profundas similitudes.

Los sistemas complejos que estamos considerando sufren transformaciones, a través del tiempo, que son propias de los *sistemas abiertos*. La evolución de tales sistemas no se realiza a través de procesos que se modifican de manera gradual y continua, sino que procede por una sucesión de desequilibrios y reorganizaciones. Cada reestructuración conduce a un período de *equilibrio dinámico* relativo durante el cual el sistema mantiene sus estructuras previas con fluctuaciones dentro de ciertos límites. Este tipo de evolución ha sido objeto de numerosos estudios experimentales y teóricos en sistemas físicos, químicos y biológicos, que condujeron a las teorías de auto-organización de sistemas abiertos lideradas por Prigogine en la escuela de Bruselas. Sin embargo, cabe recordar que Marx, en economía política (la evolución de los modos de producción) y Piaget, en psicología (los “estadios” en el desarrollo psicogenético), descubrieron esta forma de evolución en sus respectivos campos mucho antes de las teorías actuales sobre auto-organización de sistemas, que sólo se desarrollaron en los últimos 40 años.

Este tema lo he tratado en otras publicaciones concernientes a investigaciones específicas de carácter empírico.¹² Cabe señalar aquí, como síntesis, que la evolución de sistemas abiertos responde a características generales que podríamos enunciar de la siguiente manera:

Los elementos que constituyen la base del sistema (que en un sistema más o menos formalizado —es decir con relaciones establecidas cualitativamente o que no sean relaciones lógicas o lógico-matemáticas estrictas— se designan como las “variables” del sistema) con su estructura característica durante un período dado de tiempo, no son estáticos, sino que fluctúan permanentemente bajo la influencia de elementos que quedaron “fuera del sistema” y que definen lo que he llamado “condiciones de contorno del sistema”.

Estas fluctuaciones son de dos tipos:

a) fluctuaciones de pequeña escala que inducen pequeños cambios pero no alteran las relaciones fundamentales que caracterizan la estructura;

b) fluctuaciones que exceden un cierto "umbral", definido sólo para cada situación particular, y que producen una disrupción de la estructura.

En el segundo caso, la disrupción de la estructura depende no sólo de la magnitud de la fluctuación sino también de propiedades intrínsecas de la estructura que se designan como *condiciones de estabilidad* del sistema.

Estabilidad e inestabilidad son por consiguiente *propiedades estructurales* del sistema, sobre la base de las cuales se definen otras propiedades estructurales tales como *vulnerabilidad* (propiedad de una estructura que la torna inestable bajo la acción de perturbaciones) o *resiliencia* (capacidad para retornar a una condición original de equilibrio después de una perturbación).

La construcción de un sistema complejo es un laborioso proceso de sucesivas aproximaciones. Más precisamente, la "construcción" consiste en formular sucesivas representaciones ("modelos") de la realidad empírica que se está estudiando, hasta llegar a una etapa satisfactoria definida en términos de su capacidad para *explicar* el funcionamiento del complejo empírico del cual se partió. Sin embargo esta manera de representar el problema requiere tres importantes aclaraciones.

En primer término, no es suficiente con tener un "modelo" que sea una descripción adecuada del sistema en un momento dado. El objetivo a lograr es una reconstrucción de la evolución de los principales procesos que determinan el *funcionamiento* del sistema. La llave para llegar a comprender los fenómenos que se producen en el sistema es la relación entre *función* y *estructura*, equivalente a la relación entre *proceso* y *estado*.

La siguiente aclaración tiene que ver con los objetivos y con el planteamiento general de la investigación. El sistema, en un momento dado, no se presenta como algo *dado*, en espera de la observación y el análisis del investigador, ya que un sistema, cualquiera que sea el dominio, no es sólo un conjunto de elementos, sino un conjunto de relaciones entre ciertos

elementos que pueden vincularse entre sí con referencia al funcionamiento del conjunto como totalidad. Los diferentes sistemas que pueden definirse con los mismos elementos dependen de los objetivos de la investigación y de las preguntas específicas que se formulen. En este sentido, y con referencia específicamente al sistema cognoscitivo, tema de este capítulo, la genialidad de Piaget consistió en formular preguntas que cambiaron completamente el carácter de la investigación psicogenética. La observación de las conductas, las actividades y las respuestas de los niños, adquirió un nuevo sentido.

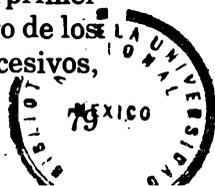
En un trabajo titulado "Conocimiento del mundo físico: las teorías como guía de la observación"¹³ he dado ejemplos tomados de la historia de la ciencia, los cuales ilustran lo que se afirma en el título. (Véase Apéndice al capítulo 7.)

El cambio total de perspectiva en el análisis del material empírico (observacional), generado desde la teoría, fue parte importante en la Revolución Científica de los siglos XVI y XVII. No menos importante ha sido el cambio de perspectiva generado por la escuela de Ginebra, en el campo del conocimiento, a partir de la concepción epistemológica que permitió interpretar de manera diferente las experiencias psicogenéticas y el material de las *experiencias históricas* en el campo de la ciencia.

De igual manera, la construcción de un sistema complejo se hace *a partir del material empírico, pero con la orientación de la teoría.*

Funcionamiento de un sistema complejo

La formulación de los principios generales de organización y evolución de sistemas complejos tuvo como objetivo fundamentar un método para su estudio. Esta propuesta metodológica, que surge de los mismos principios (y que ya fue esbozada de manera general en el capítulo 2), consiste esencialmente en establecer *cortes temporales* que exhiban las formas de organización de los elementos del sistema en los momentos correspondientes a cada uno de los cortes. Los cambios observados en la sucesión de formas organizativas sirven de base a las inferencias que permiten conjeturar, en un primer análisis, los procesos en juego en el pasaje de uno a otro de los cortes. En otros términos: se analizan los *estados* sucesivos,



para estudiar los *procesos*, sin que esto signifique un procedimiento unidireccional. Por el contrario, se trata de una interdefinibilidad dialéctica a través de la cual los procesos y los estados se clarifican mutuamente, buscando poner de manifiesto el funcionamiento del sistema. Pero el pasaje de la sucesión de estados a la comprensión de la dinámica del sistema está lejos de ser inmediato. Desde el punto de vista epistemológico involucra el pasaje de la *constatación de correspondencias* a la *inferencia de transformaciones*, que es uno de los mecanismos fundamentales de construcción de conocimientos, y que será analizado en el capítulo 5.

Sin embargo, es necesario anticipar algunas características muy generales en la dinámica de tales sistemas, como preámbulo al análisis más detallado de los mecanismos que actúan en el caso específico del sistema cognoscitivo, que haremos en los próximos dos capítulos.

Recordemos, en primer término, que hemos aplicado el calificativo *complejo*, a un sistema dado, en los casos de *interdefinibilidad* de sus elementos (o subsistemas). Por otra parte, hemos señalado dos principios que caracterizan el modo de evolución del sistema:

- organización por niveles desacoplados, semi-autónomos, pero interdependientes, con escalas espaciales y temporales propias;

- desarrollo por reorganizaciones sucesivas, lo cual implica una alternancia de períodos más o menos estables, con períodos de desequilibrios del sistema producidos por perturbaciones que tienen su origen en modificaciones de las condiciones de contorno del sistema, o que son debidas a factores internos que rebasan los mecanismos autorreguladores.¹⁴

Estos principios se complementan con lo que denominaré *condiciones de continuidad del sistema* como tal. En efecto, una observación que puede parecer obvia, pero cuya consideración está lejos de ser banal, es que el estudio de un sistema complejo presupone fenómenos, elementos, procesos que persisten en el tiempo, con interrelaciones que pueden ser cambiantes pero mantienen una continuidad que nos permite referirnos a ellos como *cambios en un mismo sistema*.

Para que esto ocurra (la continuidad de *un mismo sistema*), es necesario que se cumplan dos condiciones:

- debe de haber un ajuste mutuo de las escalas espaciales y temporales de los fenómenos que tienen lugar en los diversos niveles, puesto que, en caso contrario, el sistema no continuaría integrado como totalidad organizada;

- la totalidad debe tener más estabilidad que las partes.

De hecho, en tales casos, la totalidad actúa como regulador del sistema, lo cual no excluye acciones de retroalimentación (feedback), ni procesos que se generan en los elementos y alteran las condiciones del sistema total.

Debemos ahora detenernos a analizar con un poco más de detalle lo que hemos llamado *principio general de evolución de sistemas complejos* y, en particular, *el principio de evolución por sucesivas reorganizaciones*.

Los problemas que están aquí involucrados han sido objeto de profundos estudios en la segunda mitad del siglo xx. Un punto de referencia importante fue el desarrollo de la termodinámica de los procesos irreversibles sobre la base de los trabajos de Ilya Prigogine y sus colaboradores de la escuela de Bruselas, especialmente en lo que concierne a la teoría de *auto-organización* de sistemas abiertos.

Por otra parte, las computadoras de alta velocidad dieron un impulso considerable a los trabajos sobre el área denominada "sistemas dinámicos", que estudia aquellos sistemas cuya evolución es *representable matemáticamente* por un conjunto de ecuaciones diferenciales llamadas *ecuaciones dinámicas*. Un ejemplo característico fue la teoría de catástrofes de René Thom que permitió estudiar cambios cualitativos, discontinuidades y transiciones súbitas en multitud de campos. La extensa literatura que tuvo su apogeo en la década de 1970 contiene aplicaciones a la biología, la hidrodinámica, la teoría de las partículas elementales, así como a la lingüística, la psicología y a situaciones sociales. Después de un gran *boom* la teoría de las catástrofes perdió una parte de su interés, cuando se analizaron sus limitaciones (que serán expuestas más adelante).

Otra teoría que ha llenado una considerable cantidad de literatura es el *caos*. Lamentablemente, se han difundido obras que han extrapolado de manera ilegítima los resultados de la teoría, olvidando (o simplemente ignorando) sus características fundamentales:

- el caos que ponen de manifiesto las ecuaciones dinámicas es estrictamente *determinista*;

- la validez de los resultados de los cálculos precisos realizados con las computadoras está seriamente limitada por el grado de *representatividad* de los modelos matemáticos con respecto a los fenómenos que han sido modelizados;

- en el caso de contar con muy buenos modelos, la posibilidad de realizar los cálculos suele requerir una simplificación excesiva de las ecuaciones, aun con las más potentes computadoras.

Las extrapolaciones ilegítimas se encuentran en multitud de obras de divulgación, pero también ocurren, sorprendentemente, en trabajos científicos serios.

Los tres puntos señalados requieren algunos comentarios. El primero de ellos tiene gran trascendencia para la epistemología. Hasta que se analizaron los fenómenos del caos, los términos “determinismo” y “predictibilidad” eran considerados como inseparables. Más aún, la posibilidad de *predecir* los fenómenos se tomó siempre como una característica de las teorías científicas. Por el contrario, en los casos de los cuales se ocupaba la teoría del caos, las trayectorias de un sistema, perfectamente determinadas por las ecuaciones, muestran tal *sensibilidad a las condiciones iniciales*, que las tornan impredecibles. Este fenómeno (trayectorias “deterministas pero impredecibles”) era conocido por los matemáticos franceses a fines del siglo XIX (Poncairé, Hadamard), medio siglo antes de la era de las computadoras, pero no se le dio la trascendencia que tenía. Redescubierto por el meteorólogo Lorenz, al analizar las posibilidades y los límites de la “predicción del tiempo”, con las ecuaciones de la hidrodinámica y utilizando computadoras suficientemente rápidas (con la necesaria capacidad de “memoria”), tuvo lugar el gran *boom* de la teoría del caos.

El modelo que empleó Lorenz pasó a ser paradigmático y se tradujo en la fantasía que recorrió el mundo (de la cual es responsable el lenguaje que utilizó el propio Lorenz para hacerla comprensible), según la cual “el aleteo de una mariposa en Río de Janeiro sería suficiente para desencadenar una tormenta en Chicago”. A fin de desentrañar el absurdo de esa afirmación es necesario comparar el sistema completo de ecuaciones representativas de los movimientos de la atmósfe-

ra, de las cuales partió Lorenz (que sí cumplen con el segundo de los puntos señalados antes, con respecto a la representatividad del modelo), con el sistema que finalmente introdujo en la computadora, después de una *drástica* eliminación de términos para hacerla “computable”.

Se repitió aquí, con el modelo de Lorenz, la situación que se presentó con la teoría de las catástrofes y que condujo a su declinación. También Thom debió simplificar sus ecuaciones con “suposiciones” que le permitieran eliminar términos sin los cuales el modelo perdió *representatividad* de los fenómenos, excepto en casos muy limitados.

Concluyendo: no hemos intentado en esta obra “matematizar” en modo alguno la teoría del conocimiento. Sin embargo, los modelos de desarrollo que son *tratables matemáticamente* han permitido esclarecer procesos que se presentan en diversos dominios de fenómenos, con alto grado de generalidad, y en sistemas complejos no modelizables con sistemas de ecuaciones dinámicas. Tal es el caso del sistema cognoscitivo que será presentado particularmente más adelante en este mismo capítulo, después de dejar establecidas las razones que me conducen a reformular la teoría del conocimiento desde una perspectiva sistémica (es decir, considerando el problema del conocimiento desde la perspectiva de los sistemas complejos).

Relevancia del enfoque sistémico para el constructivismo

La naturaleza de los procesos de reorganización a través de los cuales se desarrolla el conocimiento fue quizá la cuestión que más preocupó a Piaget en la última fase de su producción, guiado por el convencimiento de que allí estaría la clave que permitiría explicar en qué consiste la *creación de nuevo conocimiento*, problema que concebía como estrechamente ligado a la construcción de la noción de “realidad”. En efecto, el constructivismo tiene como desafío dar cuenta, por fin, de los dos grandes problemas, que tradicionalmente se ubican, en los dominios de la epistemología y de la ontología, respectivamente, pero que la epistemología genética planteó desde un comienzo como dos aspectos de un mismo proceso constructivo.

Las ideas básicas que guiaron esta última fase de la investigación piagetiana fueron presentadas en su comunicación al 21^{er} Congreso Internacional de Psicología (París, 1976) con el título: *Le réel, le possible et le nécessaire*, luego desarrolladas en dos volúmenes póstumos, el segundo de los cuales Piaget no alcanzó a revisar (tarea que quedó a cargo de Bärbel Inhelder).¹⁵

En estas obras Piaget reconoce que su teoría de la equilibración requería ser revisada. En la introducción al primer volumen declara: "hasta aquí nos habíamos contentado con describir los procesos en términos de equilibraciones progresivas debidas a las autorregulaciones" (p. 10). Y en las "Conclusiones Generales", al resumir los resultados de las investigaciones psicogenéticas sobre "la evolución de los posibles en el niño" (subtítulo del volumen) enuncia el logro de los objetivos en los siguientes términos:

Los resultados no se limitan a la ampliación del modelo general de explicar las estructuras operatorias por mecanismos de autorregulación, sino que dan *la clave para resolver de manera simple y directa la cuestión más delicada que nuestra interpretación dejaba en pie: por cuáles mecanismos las reequilibraciones conducen simultánea y necesariamente a compensaciones y a la producción de novedades.* (p. 184)

Los "mecanismos", a los cuales se refiere Piaget son designados como *la construcción de posibles y de relaciones necesarias*. Aunque postergaremos la profundización sobre estos temas para el capítulo 5, nos interesa aclarar en este momento que la nueva propuesta de Piaget está restringida al nivel de la psicogénesis infantil, y que la validez de las conclusiones no parece ser inmediatamente generalizable a otros los niveles. Por otra parte, la fundamentación misma de los mecanismos deja muchos interrogantes. En este punto es donde resultan valiosos los aportes de las teorías de desarrollo que han surgido en los análisis precisos de modelos matemáticos de fenómenos naturales. En particular, la teoría de las *bifurcaciones* y la *autoorganización* de sistemas disipativos constituyen fuentes de clarificación de mecanismos. No se trata, obviamente, de hacer una transposición literal de los resultados de las ecuaciones

diferenciales no-lineales a los procesos cognoscitivos. Pero sí de explorar, con esos instrumentos de análisis, sistemas que pertenecen a dominios físicos, químicos, biológicos, sociales, económicos, que admiten modelizaciones con cierta precisión, para descubrir características comunes en su forma de operar. Aquí cabe la observación de que el ser humano es un organismo biológico y se desarrolla inmerso en aquellos dominios. Dicho esto, cabe agregar que dichos análisis muestran que lo que podríamos denominar “las intuiciones” de Piaget (corroboradas por él y sus colaboradores en el dominio de la psicología de la inteligencia infantil) en las obras mencionadas sobre “lo posible” y “lo necesario” pueden ser consideradas como la expresión —en un lenguaje por momentos impreciso— de formas muy generales de desarrollo de sistemas complejos. Para aclarar estas aseveraciones tendríamos que recurrir a una formulación matemática que, aunque elemental, no es pertinente intercalar en este texto.

El sistema cognoscitivo como sistema complejo

En el capítulo 2 sostuve que el conjunto de investigaciones involucradas en la teoría general del conocimiento que emerge de la propuesta epistemológica constructivista puede ser organizado en tres diferentes *niveles de análisis*:¹⁶

- El *primer nivel* incluye el material proveniente de las investigaciones empíricas en las áreas de la *psicogénesis* y del *análisis histórico-crítico de la ciencia*.

- El *segundo nivel* concierne a la *teoría del conocimiento* que da cuenta del material empírico estudiado en el primer nivel. Este es el dominio en el cual se desarrolló predominantemente la Epistemología Genética de Jean Piaget.

- El *tercer nivel* de análisis corresponde a las aplicaciones de la teoría del segundo nivel como instrumento conceptual para el análisis y la interpretación de los problemas de fundamentación en la teoría de la ciencia.

La propuesta de interpretación sistémica de la teoría constructivista del conocimiento está centrada en el segundo nivel de análisis (el desarrollo de la teoría epistemológica). El primer nivel será tratado en la segunda parte de esta obra en

lo que respecta a la psicogénesis. Los referentes empíricos provenientes de la historia de la ciencia así como las implicaciones del tercer nivel de análisis de la Filosofía de la Ciencia serán objeto de la tercera parte del presente libro. La sección final de este capítulo estará centrada en la organización general del sistema del cual da cuenta la teoría que emerge del segundo nivel.

Al comenzar el capítulo, establecí la necesidad de distinguir, en la problemática epistemológica, entre *cómo se construye el conocimiento* y *cómo, paralelamente, construimos la teoría del conocimiento*. Ambos aspectos del problema del conocimiento no son independientes y la interacción entre ambas es permanente.

Sobre esta base, denominaré *sistema general del conocimiento* al sistema construido sobre el conjunto de actividades cognoscitivas, con sus interrelaciones e interacciones, en los tres dominios: biológico, psicológico o mental, y social. De esta manera, el sistema general puede considerarse constituido por tres subsistemas: el *subsistema biológico* (B), el *subsistema psicológico o mental* (C) y el *subsistema social* (S).

El sistema así integrado entra en la categoría de sistemas complejos *semi-descomponibles*: cada uno de los tres subsistemas corresponde a un nivel de organización con su dinámica propia, *semi-autónoma*, en el sentido de que el funcionamiento de cada nivel puede estar condicionado o modulado por los otros dos niveles. Por brevedad, utilizaré la letra griega Σ para referirme al sistema general del conocimiento.

El sistema C y sus condiciones de contorno

Las concepciones de Piaget sobre la construcción del conocimiento han sido objeto de múltiples críticas, que en muchos casos están basadas en interpretaciones erróneas, deformaciones de su pensamiento e insuficiente conocimiento de la coherencia interna de su monumental obra. Sin embargo, el propio Piaget no ha sido siempre inocente de las acusaciones. No pocas veces enfatizó temas que no estaban suficientemente sustentados o exploró rutas que luego debió abandonar, pero que lamentablemente quedaron en algunas obras sin que él se haya tomado el tiempo necesario (o se haya preocupado lo

suficiente) como para retornar sobre ellos y hacer las aclaraciones pertinentes. Hay tres temas centrales que han concentrado las críticas: el supuesto biologismo de Piaget; el rol secundario que habría asignado a los factores sociales en el desarrollo del conocimiento; y el preponderante papel que atribuye a las estructuras en los procesos cognoscitivos.

Aquí nos referiremos a los dos primeros de esos temas. La interpretación sistémica que he propuesto, con los tres subsistemas semi-autónomos pero en fuerte interacción, toma en cuenta tales interacciones del sistema C, sin considerar preponderante la acción del subsistema B, ni subestimar el papel del subsistema S. El análisis del sistema total pone de manifiesto la peculiaridad de las interacciones en las dos fronteras, puesto que tienen lugar entre subsistemas que difieren tanto en sus formas organizativas como en su dinámica, y que pertenecen a muy *diferentes dominios de fenómenos*. Está claro que siempre se habló de estas interrelaciones. El problema es establecer cuáles son los *mecanismos* de interacción.

Es preciso anticipar aquí algunos aspectos del análisis de la dinámica interna del sistema C (que será desarrollado en los próximos capítulos), con el fin de aclarar algunas características generales que permitirán contextualizar esos procesos.

Recordemos que he caracterizado el sistema Σ como un sistema complejo semi-descomponible. Esto significa que cada subsistema corresponde a un dominio de fenómenos que, como tal, tiene una dinámica que no puede ser estudiada independientemente de los otros. Específicamente, el neurofisiólogo estudia los procesos neuronales con independencia del psicólogo, pero cuando se trata de problemas cognoscitivos hay procesos que requieren la convergencia de contribuciones de ambas disciplinas. Así, por ejemplo, en el problema de la percepción que consideramos en el capítulo 4, desde el punto de vista de los mecanismos constructivos del sistema C, cuando se introducen las interacciones B/C resulta claro que los procesos biológicos (B) si bien no *determinan* por sí solos el proceso de la percepción como organización e interpretación de los datos sensoriales, sí condicionan dicho proceso, por cuanto el proceso perceptivo no puede tener lugar sin un desarrollo neuronal apropiado. Pero, por otra parte, el hecho importantísimo para nuestro tema, es que ese desarrollo neuronal tampoco tiene lugar sin la influen-

cia externa que proviene del ejercicio de la visión. Conviene introducir aquí, para aclarar el problema, la explicación de un neurofisiólogo.

D. Hubel y T. Wiesel demostraron hace más de treinta años, que en animales de experimentación (gatos), la supresión de la información visual proveniente de un ojo impide la maduración de las conexiones en la corteza visual provenientes de ese ojo, quedando los animales desprovistos de neuronas visuales con entrada binocular, esenciales para la integración de la visión estereoscópica. La privación de la entrada visual binocular debe ocurrir en un lapso definido, poco después del nacimiento, que es justamente cuando maduran las conexiones interneuronales del sistema visual. Con esos experimentos se encontró la explicación del hecho observado tiempo atrás por médicos, de que en casos de estrabismo en niños, cuando el trastorno se corrige quirúrgicamente a edad temprana, todavía hay lugar para una recuperación cabal de la función binocular, mientras que cuando la intervención se realiza después de cierta edad, ya no se da la recuperación.¹⁷

Es importante enfatizar aquí la distinción que hace Aréchiga entre la *actividad intrínseca* del subsistema B y su *modulación* por influencias externas. Desde nuestra perspectiva, identificaríamos la actividad organizativa del sujeto (actividad intrínseca del sistema C) que le permite transformar la pura impresión sensorial en percepción, en esa "zona" de modulación, aun cuando los procesos específicos que tienen lugar no sean plenamente conocidos.

La interrelación B/C no termina en el nivel de la percepción. El propio Piaget ha puesto de manifiesto en repetidas ocasiones que el desarrollo de la lógica bivalente que caracteriza las relaciones lógicas desde muy temprano no tendría su explicación en los procesos neuronales que presiden la constitución y coordinación de los esquemas de acción. Nuevamente, se trata de un campo que aún requiere mucha exploración.

En lo que respecta a las condiciones de contorno en la interfase S/C, sigue siendo válida la distinción entre la actividad intrínseca de un sistema y la forma en que ella está determinada, condicionada o modulada por las condiciones de contorno. Es en esta interfase donde se concentra una gran

parte de las críticas a la teoría piagetiana, las cuales se ponen de manifiesto en forma preponderante en las polémicas tan inútiles como mal formuladas entre piagetianos y vigotskianos. Intentaremos despejar el campo de la disputa de los elementos que oscurecen y desvirtúan la discusión.

La Psicología y la Epistemología genéticas, cuya formulación como nuevas disciplinas fue obra de Piaget en el segundo tercio del siglo xx, dieron un papel preponderante a lo que hemos llamado la “actividad intrínseca” del sistema C, porque allí se centran los *mecanismos de construcción* del conocimiento, tanto en el nivel individual (psicogénesis) como en el más alto nivel del desarrollo científico. Esos mecanismos serán analizados a fondo en el próximo capítulo. Aquí sólo señalaremos que las interacciones del sujeto con el contexto social en el cual está inmerso no pueden ser incorporadas como parte de las actividades de tipo cognoscitivo sino a través de los procesos de *asimilación* a los cuales ya nos hemos referido en el capítulo 2, y sólo podemos poner de manifiesto esos procesos a través del estudio de la dinámica interna del sistema C. Dicho estudio requirió muchas décadas de investigaciones exigidas por la necesidad (y las enormes dificultades) de comprender *cómo se asimilan* esas interacciones y cómo modulan la dinámica del sistema C.

Sin embargo, se han ido estableciendo mojones en el camino para un análisis comprensivo del papel trascendental que juega la sociedad en la generación del conocimiento. En *Psicogénesis e historia de la ciencia*¹⁸ señalamos, como ejemplos, dos momentos del desarrollo del conocimiento, uno en el inicio mismo de la actividad cognoscitiva y el otro al nivel de la ciencia, en los cuales aparece el papel constructivo de la sociedad.

En la experiencia del niño, desde el comienzo mismo de sus interacciones con el mundo exterior, “las situaciones con las cuales se enfrenta son generadas por su entorno social, y las ‘cosas’ aparecen en contextos que les otorgan significaciones especiales. No se asimilan objetos ‘puros’. Se asimilan situaciones en las cuales los objetos desempeñan ciertos papeles y no otros. Cuando el sistema de comunicación del niño con su entorno social se hace más complejo y más rico, y particularmente cuando el

lenguaje se convierte en medio dominante, lo que podríamos llamar la experiencia directa de los objetos comienza a quedar subordinada, en ciertas situaciones, al sistema de significaciones que le otorga el medio social. (p. 228 de la 4ª edición española)

Y más adelante agregamos:

Que la atención del sujeto sea dirigida a ciertos objetos (o situaciones) y no a otros; que los objetos sean situados en ciertos contextos y no en otros; que las acciones sobre los objetos sean dirigidas en cierta forma y no en otras: todo esto está fuertemente influido por el medio social y cultural (o por lo que hemos llamado paradigma social). Pero todas estas condiciones no modifican *los mecanismos* que necesita esa especie biológica tan particular que es el ser humano para *adquirir* el conocimiento de dichos objetos en *dichos* contextos, con todas las significaciones particulares socialmente determinadas que ya le han sido asignadas." (*ibid* p. 245)

En el otro extremo del desarrollo cognoscitivo, la influencia de la cultura y de la concepción del mundo prevaleciente en una sociedad en un período específico de la historia han jugado un rol fundamental en las características de las teorías científicas. En el libro citado, hemos analizado un ejemplo histórico. Volveremos sobre este tema en el capítulo 6.

Notas

¹ Véase, por ejemplo, García (1986).

² Fogelman (1991).

³ García (1988a), García (1988b).

⁴ García (1993).

⁵ Véase García (1998).

⁶ Piaget y García (1983), cap. 9.

⁷ Simon (1979).

⁸ Schweber (1993).

⁹ Einstein (1918).

¹⁰ Anderson (1972).

¹¹ Aquí Anderson usa el término "construccionista" en el sentido de la afirmación de Einstein, sin relación alguna con la epistemología constructivista.

¹² Véase, por ejemplo, García (1986).

¹³ García (1998).

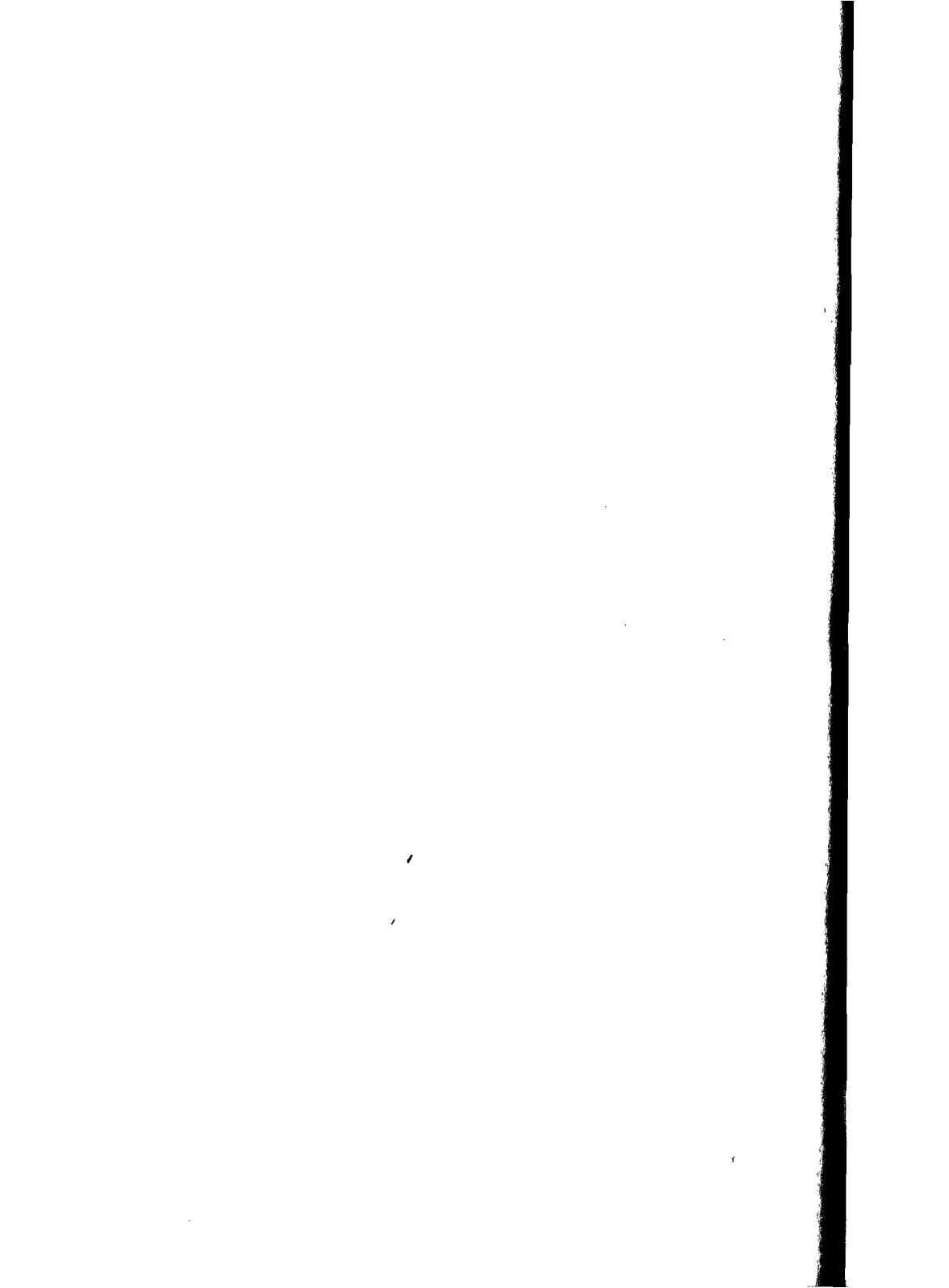
¹⁴ La metodología de trabajo en un sistema complejo, sobre la base de los principios enunciados, no es simple. Un ejemplo detallado de su aplicación en un estudio de caso concreto se encuentra en Becerra, Baldatti y Pedace (1997).

¹⁵ Piaget (1981a), Piaget (1981b).

¹⁶ El término "nivel" tiene múltiples acepciones. En este capítulo lo empleamos en dos contextos diferentes que no pueden confundirse: *nivel de organización* y *nivel de análisis*. En el capítulo 5 lo utilizaremos, además, con referencia a *niveles de desarrollo*.

¹⁷ Aréchiga (1997).

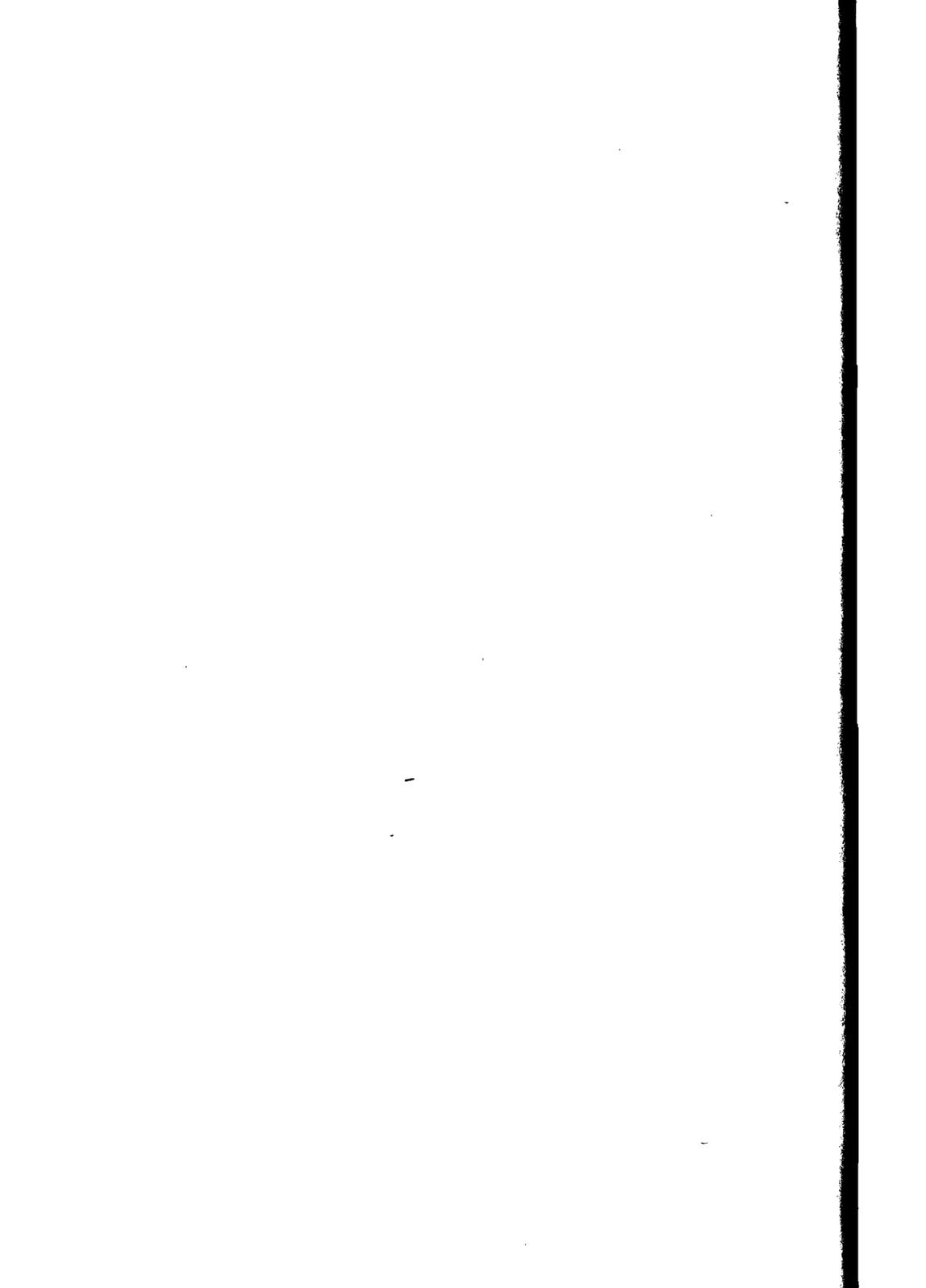
¹⁸ Piaget y García (1983).



SEGUNDA PARTE

**LA TEORIA CONSTRUCTIVISTA
DEL CONOCIMIENTO**

Capítulos 4 y 5



4

Los procesos cognoscitivos

En la primera parte de esta obra abordé el estudio de la teoría epistemológica desde la perspectiva de los sistemas complejos, y he llamado *sistema cognoscitivo* al sistema construido por el investigador (el epistemólogo) para organizar y representar el material empírico del *complejo cognoscitivo* (definido en el capítulo 2) y que sirve de base a su estudio teórico. Tal sistema quedó caracterizado como un sistema complejo (Σ), con sus tres componentes: el subsistema B, referido a la función que cumple en Σ la actividad biológica; el subsistema S, referido a la componente social; y el subsistema C, en el cual incluimos la actividad psicológica o mental que interviene en los procesos cognoscitivos.

Debemos recordar aquí que el término "epistemología", que históricamente designaba sólo la teoría del *conocimiento científico* (capítulo 1), adquiere en la teoría constructivista una dimensión diferente, por cuanto el *principio de continuidad funcional* (tal como fue enunciado en el capítulo 2), establece la unidad de los mecanismos¹ que operan en todos los niveles del desarrollo cognoscitivo. Por consiguiente, no hay para el constructivismo dos teorías del conocimiento (pre-científico y científico) sino *una* teoría que debe abarcar todas las etapas del desarrollo individual y social, incluyendo el conocimiento científico. Es por esta razón que al referirme al *material empírico* sobre el cual se construye la teoría puse en pie de igualdad los resultados de la investigación psicogenética y los aportes de la historia de la ciencia. En este punto me basé en los estudios

comparativos expuestos en la obra *Psicogénesis e historia de la ciencia* (Piaget y García, 1983).

El objetivo que nos propusimos en aquella obra fue buscar las analogías que pudieran establecerse entre el desarrollo inicial del conocimiento, tal como surge de los estudios psicogenéticos, y el desarrollo del conocimiento científico. El plan consistió en presentar, en forma alternada, análisis histórico-críticos de las conceptualizaciones y las teorías en diversas disciplinas, conjuntamente con estudios psicogenéticos de las nociones básicas allí involucradas. No se trataba, obviamente, de reducir la historia a la psicogénesis (o viceversa), ni de encontrar parentescos más o menos lejanos en los *contenidos* de las nociones y conceptualizaciones en uno y en otro campo, sino de verificar las *similitudes* cuya existencia habíamos postulado como hipótesis (aunque sin prever su naturaleza).

El análisis de los procesos que podían inferirse como subyacentes en la construcción dio sorprendentes resultados, resumidos en el capítulo X de Conclusiones Generales. Allí propusimos una clasificación de lo que llamamos “los aspectos más generales del desarrollo cognoscitivo”, con un ordenamiento —que consideramos provisorio— en tres categorías: los *instrumentos* comunes de adquisición de conocimiento; los *procesos* que resultan de su aplicación; y, finalmente, los *mecanismos generales* que sintetizan estos últimos y les imprimen una vección o dirección general (p. 246).

En la presente obra mi intención principal de ofrecer una reformulación del constructivismo, basada en la frondosa obra piagetiana, me ha exigido una tarea previa de reorganización que incluya las categorías mencionadas. Esto requiere algunas aclaraciones.

Como es notorio, la obra de Piaget tiene su mayor peso puesto en las etapas iniciales de la construcción del conocimiento. Hubo poderosas razones para dar preeminencia a los aspectos psicogenéticos, no sólo porque allí estaban las mayores dificultades, sino también porque fue allí donde las intuiciones geniales de Piaget generaron investigaciones que dieron los resultados más novedosos y trascendentes.

En las varias décadas que cubrieron esas investigaciones (tanto personales como de los numerosos equipos de colaboradores que formó), Piaget fue desarrollando una terminología

muy compleja, donde intervienen conceptos tradicionales de la filosofía, con nuevas acepciones, y donde introduce neologismos. Sin embargo, poseedor de una mentalidad en permanente generación de ideas, nunca se detuvo con la preocupación de sistematizar su producción.

La tarea de ordenar y categorizar los conceptos no es simple. La propia categorización antes citada de los procesos más generales del desarrollo cognoscitivo, se refiere sólo a los aspectos comunes entre la psicogénesis y las conceptualizaciones de la ciencia en lo que respecta a los procesos constructivos, pero no es generalizable. Por ello en este capítulo presentaré lo que a mi parecer constituye una terminología funcional y que caracterizará los subsiguientes capítulos.

He destacado antes el énfasis puesto por la epistemología genética en las etapas iniciales de los procesos constructivos, y será forzoso hacer en este capítulo permanente referencia a los resultados de las investigaciones psicogenéticas, porque allí está el germen y allí hay que buscar las explicaciones últimas del desarrollo del sistema cognoscitivo. Sin embargo, y dado que es la epistemología, y no la psicología genética, la disciplina de la cual nos ocupamos en la presente obra, el análisis estará centrado en aquellos procesos que tienen mayor relevancia para la teoría epistemológica, aun cuando el objetivo no sea la exposición detallada y sistemática de dichos resultados psicogenéticos.

Los procesos funcionales básicos

Las teorías del conocimiento elaboradas a través de la historia de la filosofía se basaron en concepciones de la psicología que, explícita o implícitamente, adoptaron como punto de partida algún modo de funcionamiento psíquico considerado como elemental y primitivo. Las alternativas oscilaron entre postular algún tipo de a priori mental (alguna organización psicológica pre-existente), o la selección de alguna función psicológica que sería primigenia, como la sensación o la percepción.

El rechazo de tales alternativas, coherente con el abandono de todas las formas de apriorismo y de empirismo, llevó a Piaget a adoptar como categoría básica inicial a *la acción*, una

idea cuyo desarrollo la convirtió en la genial piedra fundacional del constructivismo epistemológico.

El punto de partida se retrotrae así al nacimiento mismo del ser humano como *organismo*, es decir, como una totalidad biológicamente estructurada, como un sistema abierto cuya perduración (conservación) depende de sus interacciones con el medio.

Este organismo tiene ciertas posibilidades de actuar sobre el medio, aunque bastante limitadas. Son esas acciones elementales, pre-determinadas biológicamente, las que lo ponen en relación con el exterior: puede mirar, tiene prensión involuntaria, puede chupar, y es capaz de toda una serie de movimientos.

El ejercicio de esas actividades va a generar lo que Piaget llamó *esquemas de acción*. Los esquemas son engendrados por la repetición de la acción. En efecto, lo más característico de las conductas iniciales de los niños es la repetitividad de las acciones. Pero esas repeticiones no son simplemente al azar, sino que muestran una clara tendencia: los movimientos, inicialmente de apariencia caótica, se van ordenando paulatinamente (por ejemplo las sucesiones de intentos de jalar un objeto que llama la atención). Luego se regularizan y se van repitiendo en forma coordinada. Esos movimientos ya *organizados* con un objetivo determinado constituyen los esquemas de acción.

Aquí corresponde enfatizar dos características importantes para la teoría constructivista. En primer término, los esquemas incluyen, desde el inicio, componentes motores, sensoriales, perceptivos, afectivos y volitivos. Las funciones psicológicas tradicionales están presentes en el esquema sin que ninguna de ellas tenga preeminencia sobre las otras. El esquema funciona como una totalidad organizada cuyos componentes adquirirán identidad en sucesivas *diferenciaciones e integraciones*, procesos que juegan un papel fundamental en la teoría constructivista (capítulo 5).

La segunda característica importante de la conceptualización de los esquemas es que no presupone un sujeto que actúa sobre objetos, sino un organismo que *interactúa* con algo externo a sí mismo. Las acciones repetidas, a través de múltiples encuentros con "realidades" externas al organismo, no sólo generan los esquemas como totalidades *organizadas*, sino

que son, al mismo tiempo, *organizantes* en tanto ese “algo” exterior adquiere significación: se trata de algo “chupable”, o “agarrable” o “mirable”. Y esto está ligado a dos procesos funcionales básicos que son la *asimilación* y la *acomodación*.

El proceso cognoscitivo más básico y general es la asimilación de objetos a los esquemas de acción (y luego a los esquemas conceptuales). No es, sin embargo, un proceso directo, unidireccional. Frente a diversos objetos, la asimilación a los propios esquemas requiere, a su vez, la *acomodación* de los esquemas a las propiedades de los objetos (no es lo mismo agarrar objetos grandes o pequeños, duros o blandos). Por otra parte, los esquemas no permanecen aislados, y las coordinaciones de esquemas conducen a nuevas asimilaciones. Las asimilaciones cognoscitivas involucran así tanto la construcción de nuevos esquemas como la acomodación de los anteriores y de sus coordinaciones. Este carácter asimilador de todo conocimiento desde sus etapas más primitivas establece el puente entre las formas biológicas hereditarias (innatas) y la acción del sujeto en su interaccionar con el mundo exterior a su organismo, sin reducir por eso el origen de las actividades *cognoscitivas* como tales al funcionamiento biológico. La epistemología constructivista encuentra aquí su base de asentamiento, en tanto los esquemas de acción se presentan como el nexo que conjunta la triple raíz de su capacidad como órgano asimilador: la raíz biológica, puramente orgánica; la raíz que podríamos llamar “orgánico-psicológica” (las coordinaciones de las acciones), y la raíz empírica (el “mundo” en el cual se ejercen las acciones).

En estas consideraciones se fundamenta la concepción de la construcción del conocimiento, desde la perspectiva constructivista, como *una relación indisociable entre el Sujeto y el Objeto*.

Formas primarias de interacción: constataciones e inferencias

Hemos señalado que la *significación* de un objeto está dada, en las etapas más primitivas de construcción del conocimiento, por “lo que se puede hacer con él”, y esto resulta de su asimilación a un esquema de acción. A su vez, la significación

de una acción está ligada a los cambios, modificaciones o transformaciones que provienen de su accionar sobre objetos o situaciones. Pero la atribución de significación a objetos y acciones no se realiza en forma aislada sino que se genera en las múltiples *relaciones* ligadas a la coordinación de los esquemas.

Por otra parte, una vez que los encuentros "fortuitos" con la "realidad" (que incluye el propio cuerpo) se tornan deliberados, con la construcción de los esquemas, las reiteraciones conducen a poder *anticipar* el resultado de una acción. El gran progreso cognoscitivo que realiza un niño, y que la Psicología Genética ha puesto en claro, consiste en poder pasar de "lo empujé y se movió" a "si lo empujo se mueve". En el primer caso se trata de una *constatación*, posterior a la acción, que consiste en relacionar esta con una observación (lo cual contiene el germen de lo que serán las *relaciones causales*). En el segundo caso, se establece una *relación entre acciones*, sin que haya una observación correspondiente, lo cual constituye una *inferencia*. El concepto de *implicación entre acciones* fue introducido en *Hacia una lógica de significaciones* (Piaget y García, 1987) con referencia a este tipo de relaciones, y es la base de una *lógica de la acción* que precede en mucho a la lógica que se desarrollará luego de la adquisición del lenguaje.

Debe notarse que, si bien las constataciones reiteradas conducen a anticipaciones que son las formas primarias de inferencias, las constataciones van teniendo también, paulatinamente, un origen inferencial, en el sentido de que lo que se constata son anticipaciones inferidas.

Las relaciones entre las constataciones y las inferencias tienen profunda significación epistemológica. Fue uno de los temas centrales del Segundo Simposio del Centro Internacional de Epistemología Genética realizado en 1957 (publicado en el volumen V de la serie *Estudios de Epistemología Genética - EEG V*). Las discusiones publicadas en [EEG V] giran en torno del rol que juega en dicha problemática la percepción (o, como se enunció entonces, "la lectura de la experiencia"). Para el empirismo lógico —todavía dominante en esa época— los conocimientos provenían directamente de "la realidad empírica" a través de los *datos* perceptivos (constataciones). Su organización y estructuración se concebía como realizada a posteriori, con la lógica construida por el sujeto, y sólo aquí intervenían las

inferencias. De las conclusiones del simposio resumidas por Piaget (pp. 25-27) extraemos tres de ellas referidas a este tema:

- En lo que concierne a la lectura de la experiencia, los trabajos muestran que lo que se presenta como *dato* en la percepción tiene ya el carácter de una construcción, en tanto que “la parte del dato que procede del objeto está siempre incorporada a esquemas más o menos organizados (es decir, ya organizados o en vías de organización) que testimonian la actividad del sujeto”. Tal conclusión “conduce a afirmar que todo conocimiento, aun a nivel perceptivo, involucra una parte de organización y esquematización ya parcialmente isomorfa a la lógica”.

- En lo referente al problema de “las fronteras entre la constatación y la inferencia”, “la dualidad constatación e inferencia no puede seguir traducéndose psicológicamente en términos tales como percepción y conceptualización, o percepción y razonamiento, etc.”, puesto que “es en el interior mismo de la percepción que se encuentra dicha dualidad”.

- “La dualidad de la inferencia y la constatación no constituye un dualismo radical, sino más bien una polaridad, no pudiendo ninguno de los dos polos existir sin el otro en los estados iniciales”. Sin embargo, “a partir de un cierto nivel, la diferenciación progresiva de forma y contenido llega a constituir sistemas de inferencia pura”.

En la etapa inicial en la cual constataciones y anticipaciones inferenciales están indiferenciadas tiene lugar una interacción inextricable entre la atribución de significado y la generación de implicaciones entre acciones. El análisis detallado de estos procesos está presentado en *Hacia una lógica de significaciones*. La conclusión de mayor trascendencia para la epistemología —que es conveniente anticipar sintéticamente— es que es aquí donde se encuentra el germen y el origen común de las relaciones causales y de las relaciones lógicas. Las primeras conducirán finalmente a la generación de las ciencias empíricas. Las segundas se desarrollarán hasta independizarse de todo contenido y llegarán a constituir la lógica formal y las matemáticas. De allí surgirá también la fundamentación constructivista del concepto de explicación (véase

capítulo 7). En esta formulación hay una pregunta crucial cuya respuesta ha sido el gran desafío que debió enfrentar el constructivismo. Es, por otra parte, el problema que puede ser considerado como el “talón de Aquiles” de todas las teorías del conocimiento que formuló la filosofía especulativa: ¿en qué consiste independizar la *forma* del *contenido*? Porque está aquí la raíz de la pregunta que surge, una vez que son rechazadas las explicaciones aprioristas y empiristas ¿de dónde surge la *verdad lógica*?

Contenido y forma en los procesos iniciales de organización

Retornemos a los esquemas de acción y a los procesos de asimilación y acomodación. Un esquema de acción, una vez constituido, se aplica a nuevos objetos o, dicho de otra manera, asimila nuevos objetos integrándolos en el esquema. Esto se puede explicar de dos maneras: o bien que el esquema se “transfiere” de una situación a otra, o bien que el esquema se mantiene, pero cambia de contenido. Pero ¿qué es lo que se transfiere? ¿qué es lo que cambia de contenido? Obviamente no es algo que tenga un referente empírico. Lo que transfiere un sujeto en desarrollo cuando aplica un esquema de acción a otra situación nueva (por ejemplo, un nuevo objeto, con características diferentes, que pretende asir) no es otra cosa que *una manera de coordinar sus propias acciones*, y esta coordinación *debe desligarse de su contenido primitivo* para ser sustituido por otro contenido. Lo que se transfiere es, por consiguiente, una forma *pura*, o sea *forma sin contenido*. De aquí resulta que la actividad cognoscitiva del sujeto consiste, desde el comienzo, en la organización de sus acciones, es decir, en la “construcción” de formas organizativas de sus propias acciones, que le permitan ir incorporando nuevos elementos del entorno, los cuales irán adquiriendo nuevas significaciones (puesto que en eso consiste la asimilación).

El tan incomprendido “estructuralismo” piagetiano tiene aquí sus raíces más profundas, porque las “formas organizativas” no son otra cosa que estructuraciones, que constituyen sistemas de interrelaciones. Y la génesis de esas estructuraciones está —repetámoslo una vez más— en la *coordinación de*

las acciones. Esta es la razón de ser de la denominación “estructuralismo genético” aplicable al constructivismo. Podrá observarse que aquí no entra ninguna clase de “logicismo” ni trazos de “modelos lógicos”, puesto que la noción central del estructuralismo genético, tal como lo he formulado, no es el sustantivo “estructura” sino el verbo “estructurar”, sinónimo en este contexto del verbo “organizar”.

La organización, por parte del niño, de las interacciones con nuevos objetos y situaciones que se presentan a su experiencia, se realiza a través de *transferencias de formas* (esquemas de acción que se desprenden de los contenidos). Esto pone en evidencia algunos aspectos de la actividad del sujeto que constituirán los cimientos de toda futura construcción cognoscitiva y que serán el embrión o los eslabones iniciales de la cadena que llevará a los más altos niveles de conceptualización tal como lo postula la tesis de continuidad.

Procesos constructivos elementales

Los dos procesos elementales considerados por el constructivismo como *instrumentos básicos* en la construcción del conocimiento son designados con los nombres clásicos de *abstracción y generalización*. Piaget extendió considerablemente ambos conceptos, reformulando su significado y el papel que juegan en el desarrollo cognoscitivo. Más específicamente, conservó el significado tradicional de ambos conceptos, pero los desdobló añadiendo un nuevo tipo de abstracción y un nuevo tipo de generalización los cuales tienen, básicamente, significación epistemológica.

Abstracción²

Piaget distingue dos tipos:

- la *abstracción empírica* (la única que ha sido considerada por la filosofía clásica), referida a los objetos exteriores, en los cuales el sujeto constata ciertas propiedades, características o hechos, que son separados (*abstraídos*) de los otros para analizarlos independientemente;

- la *abstracción reflexiva*, referida a las acciones y operaciones del sujeto.

La diferencia entre ambas puede aclararse con un ejemplo simple. Dado un conjunto de cinco objetos, el sujeto puede centrar su atención en una propiedad física, como el color o el tamaño, y considerarla separadamente de las demás propiedades, lo cual es una *abstracción de tipo empírico*. Pero contar los objetos que hay en el conjunto, y concluir que son cinco, es *agregar* al conjunto una propiedad que no está en los objetos sino que resulta de una operación del sujeto consistente en poner los objetos en correspondencia biunívoca con la serie de números (o con los dedos de la mano), lo cual es una *abstracción reflexiva*.

Los dos tipos de abstracción funcionan concurrentemente, pero la abstracción reflexiva tiene un modo de funcionamiento más complejo, y una significación epistemológica más importante, debido a que el calificativo de "reflexiva" se aplica en dos sentidos distintos:

a) como *reflejante*, con una de las acepciones de "reflejar" que significa formar la imagen de algo en una "superficie", que en este caso es un "nivel";

b) como *reflexionante*, con la acepción que da el diccionario del verbo "reflexionar" (considerar una cosa con detenimiento).

En la abstracción reflexiva ambos sentidos son inseparables ya que, en primer término, lo que es abstraído de un nivel pasa a (o se refleja en) otro nivel (de la acción a la representación, o de la representación a la conceptualización, o de allí a la operación en niveles sucesivos). Luego, en el nuevo nivel, el sujeto centra su atención (con grados progresivos de "conciencia") sobre lo que fue abstraído del nivel inferior.

Generalización³

El segundo de los procesos constructivos elementales (o de los instrumentos básicos) es la generalización. La epistemología genética amplió considerablemente este concepto, con respecto a los extensos estudios previos en el campo de la filosofía y en la metodología de la ciencia, a partir de la distinción que hizo Piaget entre dos tipos de generalizaciones, en correspondencia con los dos tipos de abstracción que hemos señalado precedentemente:

- la generalización *inductiva o extensional* que, en líneas generales, es el instrumento de desarrollo del conocimiento que la filosofía especulativa consideró como un proceso que conduce de la constatación de hechos singulares repetidos, a nociones, conceptos o leyes generales; o bien, a partir de hechos constatados durante un intervalo de tiempo, abstraer una relación que se ha repetido, y considerar que seguirá siendo válida en futuros hechos del mismo tipo. Es decir, un proceso que se basa en constataciones de observables referidos a *objetos externos al sujeto*, de donde, por *abstracción empírica* se extraerá la propiedad que será objeto de la extrapolación de “algunos” a “todos” (o de “hasta ahora” a “siempre”);

- la generalización *constructiva o completiva*, que es una noción nueva, que Piaget caracterizó como conducente a la *producción de nuevas formas*. (Este segundo tipo de generalización es concomitante con la abstracción reflexiva.)

La generalización completiva (o constructiva) tiene como base la abstracción reflexiva. En efecto, el desarrollo consiste en un progresivo reemplazo de constataciones de hechos, y de sus resultados obtenidos a través de abstracciones empíricas, por *reconstrucciones* que implican inferencias y ponen en juego nuevas formas de organización que concluyen en un conjunto de relaciones encadenadas deductivamente.

La reconstrucción exige, de hecho, una *reflexión* en un nivel superior (representativo o conceptual) al del dato empírico. De aquí que no haya generalización constructiva sin abstracción reflexiva.

Por otra parte, tal desarrollo supone un proceso de sucesivas *diferenciaciones e integraciones*. Las primeras diferenciaciones corresponden a constataciones al nivel de los hechos. Luego surgen diferenciaciones a partir de la reflexión sobre dichas propiedades. En todos los casos, la diferenciación exige comparar variaciones, lo cual implica ya algún grado de generalización, y esto requiere, a su vez, un proceso de *integración*. Debemos insistir —a riesgo de ser reiterativos— en algo fundamental: los términos “datos”, “observación”, “interpretación”, “contenido empírico”, etc., son siempre relativos a los diferentes niveles de desarrollo. En un nivel dado se presentan como “observables” formas organizadas en niveles anteriores,

de modo que las abstracciones empíricas de dicho nivel se realizan sobre *elementos contruidos* por abstracciones reflexivas y generalizaciones completivas del *nivel anterior*. El proceso continúa en la construcción de los niveles superiores, en cada uno de los cuales las abstracciones reflexivas toman como objetos de pensamiento (es decir, objetos de reflexión) las relaciones, operaciones, etc., utilizadas precedentemente como instrumentos de organización del nivel anterior. No está dentro de los objetivos de esta obra ofrecer una explicación ni aun muy resumida de cómo operan estos instrumentos en las etapas iniciales del desarrollo cognoscitivo, cuando "la acción constituye un conocimiento (un *savoir faire*) autónomo a partir del cual se efectúa la conceptualización *par prises de conscience ulterieures*, según una ley de sucesión que conduce de la periferia al centro, es decir, que parte de zonas de acomodación al objeto para conducir a las coordinaciones internas de las acciones" (*Réussir et comprendre*, 1974, pp. 231-232).

Las formas constructivas más generales: correspondencias y transformaciones

Este es un tema cuyo análisis en profundidad, tanto en sus raíces psicogenéticas como en sus implicaciones epistemológicas, es tardío en las investigaciones de Piaget, y se materializa en dos obras. La primera de ellas —*Recherches sur les correspondances*, impreso en 1980, año de la muerte de Piaget— constituye el último volumen de la colección de *Estudios de Epistemología Genética* [EEG XXXVII]. La segunda quedó entre las obras póstumas cuya publicación tomó a su cargo Bärbel Inhelder (*Morphismes et Catégories*, 1990).

En el volumen sobre *las correspondencias*, Piaget replantea su obra anterior sobre *Epistemología y Psicología de la Función* [EEG XXIII] reelaborando sus conceptualizaciones de *función* y de *operación*. Con ello logra una síntesis y una clarificación considerable en la conceptualización de los procesos constructivos del conocimiento que, en última instancia, pueden reducirse a dos tipos de actividades interrelacionadas: *comparar* y *transformar*. El par función-operación (como conceptos lógico-matemáticos) quedó reemplazado entonces, con ganancia en precisión, por el par correspondencia-transformación.⁴

Hemos descripto la asimilación de nuevos objetos a través de los esquemas de acción (que luego serán esquemas conceptuales) como la aplicación de una “forma” (organización del esquema) a un nuevo “contenido”, con *acomodación* del esquema a las características o propiedades del nuevo objeto. Este proceso, que se complejiza luego con las coordinaciones de esquemas y la construcción de nuevos esquemas, está en la base de las comparaciones de objetos. Comparar es *establecer correspondencias*, pero la correspondencia no es una simple relación. La comparación requiere repetibilidad de la acción.

Por otra parte, la actividad asimiladora del sujeto que asigna *significaciones* a los objetos, los compara y establece correspondencias, consiste en *actuar* sobre ellos, y por lo tanto los modifica sin que esta modificación requiera ser intencional. No se trata necesariamente de modificaciones físicas. Hay modificaciones aun cuando el solo objetivo de la acción es reencontrar un objeto, puesto que ello requiere desplazar el cuerpo, separar obstáculos, es decir, transformar alguna cosa de la “realidad”, la propia relación con el objeto, o dicho objeto con los otros, o las significaciones atribuidas. No sólo se transforma el objeto con la actividad del sujeto, sino que también se transforma la posibilidad de actuar sobre él. Entra aquí en juego la segunda de las formas constructivas más generales: las *transformaciones*.

Si se consideran en detalle las investigaciones psicogenéticas, los resultados que tienen gran trascendencia desde el punto de vista epistemológico consisten en haber puesto de manifiesto un proceso que parece dominar en todos los niveles de la construcción cognoscitiva, y que resulta de las variaciones que experimentan las relaciones mutuas entre correspondencias y transformaciones a través de su desarrollo. Se trata, en síntesis, de dos momentos bien diferenciados:

- 1) Un primer momento consiste en la simple comparación de objetos a través de constataciones empíricas, la cual no es tan “simple”, ya que pone en evidencia formas comunes, puesto que la comparación supone ya una organización (o estructuración) de las experiencias. Las correspondencias consisten en aplicar las mismas formas a diversos contenidos, mientras que las transformaciones *relacionan las formas*, y estas formas

varían, ya sea por modificación material de los contenidos, o bien por modificaciones de su organización.

2) En un segundo momento, las transformaciones ligadas a las acciones materiales pueden ser inferidas, y la relación se invierte en el sentido de que las correspondencias se explican (o se hacen evidentes) a partir de las transformaciones. Esta inversión de la relación se torna muy clara al nivel de la ciencia cuando una ley empírica, descubierta por *generalización inductiva de correspondencias* que surgen de sucesivas constataciones, pasa a ser deducible dentro de una teoría que explica las transformaciones que generan las correspondencias. El ejemplo clásico es la tabla de Mendeleiev que resultó de ordenar laboriosamente datos empíricos sobre los elementos químicos, y pudo más tarde ser explicada dentro de la teoría atómica. La teoría permitió no sólo deducir el orden que debían tener los elementos, sino que pudo predecir la existencia de otros elementos que aún no habían sido descubiertos y que ocuparon luego los lugares que habían quedado vacíos en la tabla.

Fases constructivas y mecanismos generales de construcción de conocimiento

El estudio del desarrollo cognoscitivo requiere distinguir dos tipos de procesos que progresivamente se van diferenciando y terminan por constituir fases constructivas con dinámicas particulares:

- *Fases organizativas*, que en niveles superiores serán *fases estructurantes*.

- *Fases organizadas*, que corresponden a períodos donde se pueden reconocer estructuras más o menos estabilizadas (*fases estructuradas*).

Abordemos los mecanismos del funcionamiento de tales fases, dejando el análisis de su dinámica para el capítulo siguiente.

En las fases organizativas (o fases estructurantes) el mecanismo constructivo más general está expresado por la tríada (IaIrT), que introdujimos en *Psicogénesis e historia de la ciencia*, y representa el pasaje de una etapa *intra-operacional*

(Ia), centrada en *propiedades*, a una etapa *inter-operacional* (Ir), centrada en *relaciones*, para llegar a una etapa *trans-operacional* (T) con formación de *estructuras*. Las etapas contienen *sub-etapas*, y se suceden a través del desarrollo. Los procesos estructurantes constituyen el dominio de las inferencia dialécticas (capítulo 5).

Las fases organizadas (estructuradas) ocuparon un lugar prominente en el desarrollo de la epistemología genética y formaron la columna vertebral de la concepción piagetiana del conocimiento, hasta el punto de llegar a constituir una teoría con cierta autonomía: la *teoría de la equilibración* que será analizada en el próximo capítulo. En estas fases adquieren relevancia las formas constructivas introducidas por Piaget y a las cuales ya hemos hecho referencia: la *abstracción reflexiva* y la *generalización completa*.

Por otra parte, cabe señalar aquí que, tanto en las fases organizativas como en las fases organizadas (o estructuradas), intervienen múltiples mecanismos que participan en los procesos constructivos (tales como *diferenciación e integración, construcción de observables, coordinaciones, tematizaciones*). No intentaremos ofrecer una clasificación especial de estos mecanismos descritos por Piaget en diversas obras sobre psicogénesis, dado que este libro está centrado particularmente en su significación epistemológica y no en los mecanismos en sí.

Formas organizativas y estructuras

Retomemos el análisis del proceso constructivo. En el capítulo introductorio, he hablado, por un lado, de los grandes derrumbes epistemológicos del siglo xx con referencia al fracaso de todos los sistemas propuestos por la filosofía especulativa para dar cuenta de los conceptos fundamentales de la ciencia, y, por otro lado, de la imposibilidad del empirismo para construir esos mismos conceptos a partir de datos sensoriales.

El constructivismo parte de un sujeto que nace al mundo y comienza a interactuar con él, sin más bagaje que los *mecanismos biológicos* que se manifiestan a través de algunos reflejos y de algunas capacidades innatas, cuyos alcances y límites son aún objeto de investigación en la frontera misma

entre la neurofisiología y la psicogénesis. No entraremos en la discusión de cuán abundante es ese bagaje, dando por aceptado que es mayor de lo que supuso Piaget a partir de los datos experimentales disponibles en su época. Lo que sí sostendré es que con ese bagaje, por mucho que se incremente con nuevos datos experimentales, no es posible explicar el desarrollo de los *mecanismos constructivos* del conocimiento.

En el presente capítulo, he esbozado brevemente las características de los procesos constructivos del conocimiento, tal como fueron identificados por las investigaciones psicogenéticas que muestran claramente cómo el conocimiento se construye mientras se van desarrollando los instrumentos para su construcción en una interacción dialéctica.

En líneas generales, los procesos constructivos consisten también en un juego dialéctico que conjuga la organización de las propias acciones con la organización de los "datos" del mundo exterior provenientes de las interacciones sujeto/objeto. Pero en la dinámica de esa dialéctica, que analizaremos en el próximo capítulo, intervienen los diversos procesos a los cuales se ha hecho referencia en las secciones precedentes. Las inferencias y constataciones dan lugar a nuevas asimilaciones que incluyen *reinterpretaciones* de los "datos" provenientes de las asimilaciones y acomodaciones previas.

Pero aquí interviene también la dialéctica del "todo" y de las "partes": se van *diferenciando* elementos que aparecían como "un todo", y se van *integrando* datos con interpretaciones previas que aparecían como independientes. Estos últimos procesos de diferenciación y de integración que aparecen en forma incipiente desde el inicio, llegarán a constituir un mecanismo fundamental en la *organización* del conocimiento.

"Organizar" significa aquí *establecer relaciones*, las cuales, a su vez, se van interconectando, a través de procesos de *comparación* (que establecen las correspondencias) y de *transformación*.

A estos conjuntos de relaciones, y de interrelaciones de relaciones, los llamé *formas organizativas*. Y si bien ellas son en un comienzo inseparables de las correspondencias y transformaciones de contenidos específicos, son luego transferidas a otros contenidos, en forma similar a la transferencia de los esquemas de acción que terminan por adquirir una cierta

autonomía con respecto a los contenidos en cuya organización se generan.

Hemos visto cómo es aquí donde se encuentra la raíz del tan discutido y criticado estructuralismo de la epistemología constructivista. Las estructuras no son sino formas organizativas consideradas independientemente de su contenido.

Recordemos que las formas organizativas resultan de lo que he llamado el proceso cognoscitivo más básico, es decir, de la asimilación de los objetos, por aplicación de los esquemas de acción, con las acomodaciones necesarias a las propiedades específicas del objeto en cada caso particular. Pero esta asimilación y acomodación tiene dos aspectos. Por la parte del sujeto, supone una organización de las acciones que permiten la acomodación del esquema. Por la parte del objeto, supone atribuirle una significación (que en los inicios se reduce a ser “agarrable”, “chupable”, “golpeable”, etc.) pero que en general llegará a ser “lo que se puede hacer con él”. Esto último implica establecer diferenciaciones y relaciones *en* los objetos y *entre* los objetos. En síntesis, la organización de las experiencias con los objetos requiere, paralelamente, la organización de las propias acciones del sujeto. Pero ese paralelismo se da por la propia dialéctica del proceso: el sujeto toma conciencia de sus propias acciones a través de las constataciones sobre los objetos, las cuales, a su vez, tienen una base inferencial que resulta de las coordinaciones de las acciones.

Esta es, en última instancia, la fundamentación del estructuralismo, porque las conceptualizaciones de las formas organizativas, independientemente de los contenidos, son las *estructuras*. Y aquí queda claro que no se trata de estructuras abstractas surgidas *ex nihilo*, sino que son producto de un proceso constructivo, es decir, que tienen una génesis. De aquí la designación de *estructuralismo genético* que adoptó Piaget para calificar su epistemología.

Esta terminología adquiere sentido plenamente cuando se toma en cuenta el método retroductivo que explicamos en el capítulo 2. Considerando la distinción que allí hicimos entre la construcción del conocimiento y la construcción de una teoría del conocimiento, debe quedar claro que la identificación de los procesos constructivos del conocimiento no es posible en las primeras etapas de desarrollo. Las diferenciaciones se van

construyendo progresivamente de tal manera que el conocimiento se construye mientras se van desarrollando los mecanismos para su construcción en una interacción dialéctica. En este mismo sentido, llamar "estructura" a las formas organizativas más incipientes, sólo se justifica si retroductivamente puede mostrarse que puede reconstruirse una línea evolutiva que va desde dichas formas primitivas, a través de una serie de reorganizaciones sucesivas, hasta las estructuras que estudia la lógica.

En el mismo capítulo 2 nos hemos referido a los equívocos que resultan del uso de términos que tienen un sentido muy preciso en la lógica, ya constituida como disciplina, y que se aplican retroductivamente a niveles psicogenéticos. Por esta razón he preferido utilizar la expresión "formas organizativas" en situaciones donde los textos de psicología genética usan el término "estructura".

El desarrollo del conocimiento consiste, por consiguiente, en un doble proceso constructivo:

- La organización de las propias actividades del sujeto, que comienza con la coordinación de sus acciones, continúa con el desarrollo de los mecanismos constructivos del conocimiento, y culmina en la lógica, es decir, en las formas deductivas y los reforzamientos.

- La organización del material empírico, que comienza con asignación de significados, continúa con comparaciones que conducen a correspondencias y transformaciones elementales y culmina en la interpretación de fenómenos estableciendo relaciones causales.

Estos dos aspectos de un proceso único llevarán a obtener respuestas para las dos preguntas fundamentales de la epistemología: ¿qué conocemos?, ¿cómo conocemos?, y ambas, mancomunadas, permitirán validar la hipótesis de la pregunta última, de carácter ontológico: ¿qué es el mundo exterior a nuestro organismo con el cual interactuamos para llegar a "conocer"?, ¿qué es "la realidad"?

Estas preguntas requieren, para ser contestadas dentro del constructivismo, un análisis previo del concepto de *explicación*, que será abordado en el capítulo 7.

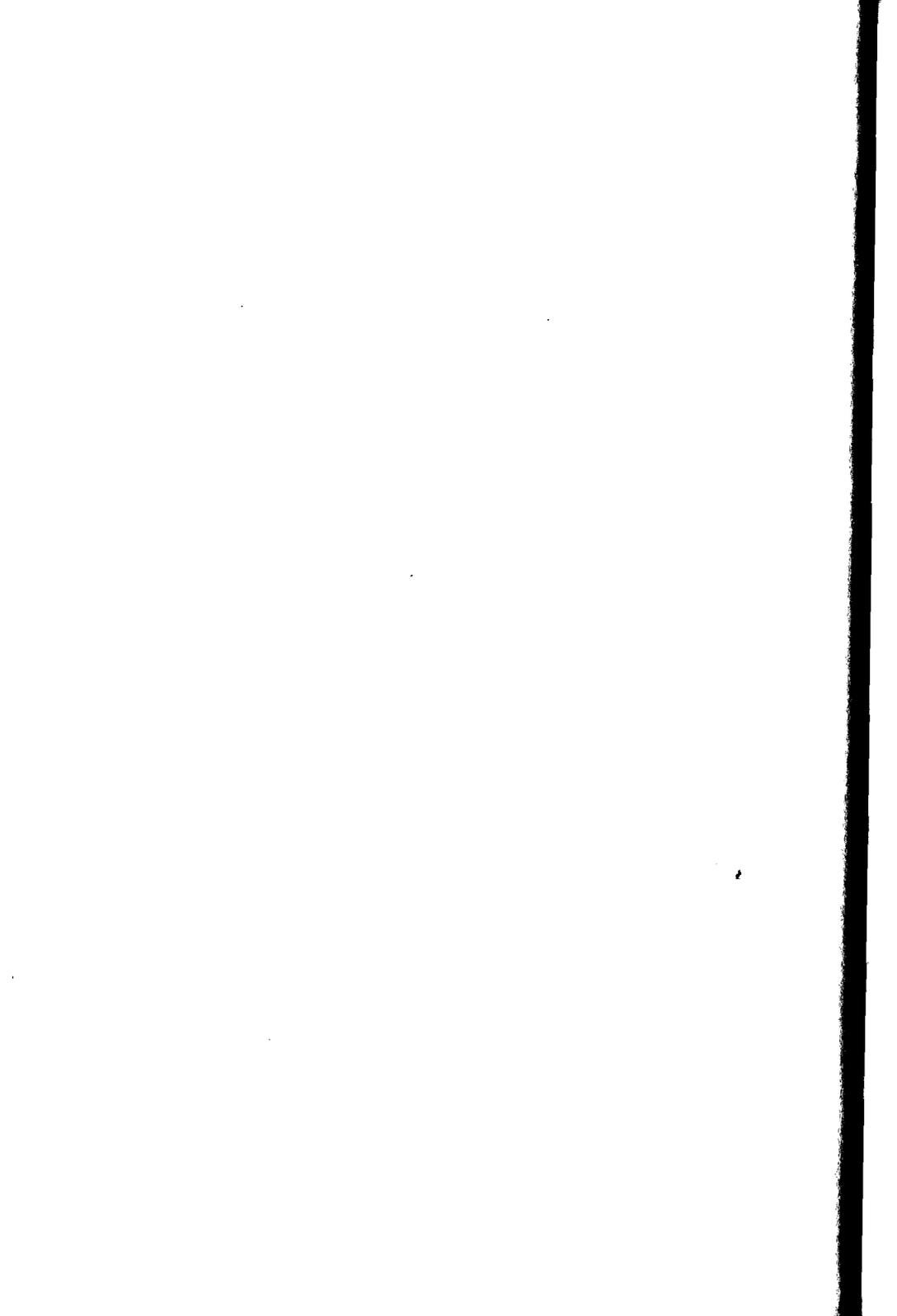
Notas

¹ Utilizamos aquí el término “mecanismo” *no en el sentido mecánico*, como “conjunto de piezas que realizan determinada función mediante una serie de movimientos combinados o coordinados”, sino en la acepción de “forma o modo como se realiza una actividad”. La definición de ambas acepciones está tomada del *Gran diccionario de la lengua española*, Barcelona: Larousse-Planeta, edición 1996.

² Este tema está tratado *in extenso* en [EEG XXXIV] y [EEG XXXV].

³ Este tema está tratado *in extenso* en [EEG XXXVI].

⁴ Véase la Introducción a [EEG XXXIII].



5

Dinámica de los procesos constructivos

Al plantear la problemática del conocimiento desde la ciencia, con una base empírica, el programa de la epistemología constructivista debe necesariamente trascender la descripción del "cómo son" los procesos que guían el desarrollo cognoscitivo, para penetrar en la dinámica constructiva del desarrollo.

Todos los textos de Piaget que contienen los resultados de las investigaciones psicogenéticas dedican la mayor parte del espacio al análisis detallado de dichos procesos. Sin embargo, la teoría epistemológica que los sustenta, y que tiene gran coherencia interna, sólo es expuesta en forma fragmentada. Las interpretaciones y comentarios epistemológicos, aunque relativamente breves, son de una gran riqueza conceptual. La preocupación por formular de manera sistemática la teoría subyacente y explicar en forma integrada los mecanismos del desarrollo, se materializó recién en el primer intento de sistematización que hace Piaget, en una contribución (él la llama "artículo") al segundo volumen de la serie de *Estudios de Epistemología Genética*. La publicación es de 1956 y el trabajo de Piaget lleva por título "Lógica y equilibrio" que es también el título de todo el volumen [EEG II]. La teoría que allí se expone (conocida como "la primera teoría de la equilibración") estuvo lejos de ser satisfactoria aun para su propio autor. Pasarían sin embargo casi veinte años antes que Piaget presentara, en 1975, una reformulación total de su concepción del desarrollo cognoscitivo, en el volumen XXXIII de la misma

colección, con un título más acorde con la naturaleza de su teoría epistemológica: *La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central del desarrollo*.¹

En la primera parte del presente capítulo me propongo contrastar las características de ambas versiones de la equilibración por considerar que ellas son representativas de la evolución del pensamiento piagetiano en su búsqueda incesante de una explicación del desarrollo cognoscitivo, preocupación que se mantiene hasta el final mismo de su producción, truncada por su muerte.

Luego, en la segunda parte de este capítulo, propondré una reformulación de la teoría sobre la base de nuevos elementos y de una integración con los avances realizados en el tema con posterioridad a la reformulación presentada en [EEG XXXIII] y enfocada desde la reorganización general de la epistemología constructivista que he planteado en el contexto de la perspectiva sistémica del capítulo 3.

La teoría de la equilibración

La teoría de la equilibración es una subteoría de la teoría general del conocimiento y constituye su columna vertebral. Es un tema difícil que, a su vez, es producto de un proceso constructivo. Aun cuando alcanzó un alto grado de elaboración por parte de Piaget, fue construido por etapas y no puede considerarse que haya sido presentado en forma acabada, ni menos aún integrada con las últimas contribuciones del autor.

No es mi intención el llevar a cabo una exposición exhaustiva de tales desarrollos en el transcurso de la obra piagetiana. Es necesario, sin embargo, realizar una breve reconstrucción, y establecer como punto de partida las diferencias en el significado de *equilibración* en sucesivos momentos de la investigación psicogenética y epistemológica.

Desde el comienzo de las investigaciones psicogenéticas, el concepto de "estadio" implicaba una concepción de la evolución del conocimiento *por reorganizaciones* a través de etapas sucesivas con formas de organización (estructuras) características. Obviamente, *reorganización* significa que algo se *desorganizó*, para volver a ser organizado de otra manera. Así quedó planteada la problemática de la epistemología genética: ¿qué

es lo que se organiza? ¿cómo se organiza? ¿qué se desorganiza?
¿en qué consiste una reorganización?

Primera versión de la teoría de equilibración

En "Lógica y equilibrio", Piaget comienza por explicar "la génesis del estudio".² Allí hace referencia a una posición que él había sostenido desde el comienzo mismo de sus investigaciones psicogenéticas, y que resume como "una triple resistencia a los factores clásicos invocados en las explicaciones habituales del desarrollo" que son a) los elementos innatos de origen biológico, b) los provenientes de la experiencia, y c) los que dependen de la influencia del medio social. Ninguno de ellos, ni los tres juntos —afirma Piaget— son suficientes para explicar el desarrollo cognoscitivo, y agrega que "ellos son irreductibles, aunque interdependientes", pero que "*ellos dependen también y de manera más fundamental de un cuarto factor igualmente irreductible: el factor de equilibrio, más general que los primeros, pero que los condicionan*", utilizando aquí una terminología que más adelante propongo reconceptualizar.

La equilibración se presenta en este texto como resultado de un juego de *regulaciones*, definidas como las *compensaciones* parciales que tienen por efecto moderar las transformaciones, por retroacción o por anticipación. Es interesante señalar a este respecto que la epistemología genética ha sido acusada con frecuencia de "biologismo". Es cierto que Piaget consideró el desarrollo del conocimiento, particularmente en las etapas iniciales, como una prolongación de los procesos biológicos, y esto está en consonancia con lo que he llamado el principio de continuidad. Sin embargo, en la concepción de la teoría epistemológica, las ideas básicas de la equilibración no provienen sólo de la Biología, sino que están más en consonancia con la situación de la Física antes de la revolución generada en el primer tercio del siglo xx por la relatividad y la mecánica cuántica.

Para justificar esta última aserción es preciso hacer un breve paréntesis de carácter histórico, adelantando algunos temas que serán desarrollados en los próximos capítulos. La Revolución Científica de los siglos xvi y xvii culmina en la mecánica de Newton, quien formula las leyes del movimiento

con las cuales explica tanto las trayectorias de los planetas como los movimientos de los cuerpos sobre la superficie de la Tierra. Con esto sentó las bases de lo que se llamó "la teoría newtoniana", pero la formulación sistemática de la teoría fue lograda en el siglo XVIII. La más completa integración fue obra de D'Alembert (el colaborador de Diderot en la famosa Enciclopedia francesa) y del gran matemático y físico italo-francés Jean Luis Lagrange. Como veremos en el próximo capítulo, la teoría así constituida pasó a ser el paradigma de la ciencia (en el sentido de Kuhn). La síntesis lograda tiene gran claridad, y se basa en dos principios muy generales: *el principio de trabajos virtuales* y *el principio de mínima acción*. El primero se puede enunciar de la siguiente manera: "un sistema está en equilibrio, si en ningún desplazamiento virtual se efectúa trabajo" (aquí "virtual" significa *hipotético*, no necesariamente real, pero posible, es decir, *compatible* con los vínculos del sistema). El otro principio introduce el concepto físico de *acción*, definido como el producto de la cantidad de movimiento por el espacio recorrido, y establece (en un lenguaje antropomórfico aproximado) que, entre los caminos posibles, los cuerpos adoptan aquel en el cual la *acción*, así definida, tiene valores mínimos.

Esta concepción mecánica del Universo, centrada en el concepto de equilibrio, permeó la ciencia del siglo XVIII y buena parte del XIX. El desarrollo de la termodinámica modificó el panorama. La idea del calor como un *fluido* fue reemplazada por la concepción del *calor como manifestación de la energía cinética del movimiento de las moléculas*. Pero las trayectorias desordenadas de las moléculas no podían ser individualmente analizadas en términos de las ecuaciones de la mecánica newtoniana. Surge la mecánica estadística y Boltzmann, al final del siglo XIX, explica así los procesos de transformación:

El estado inicial de un sistema será, en la mayor parte de los casos, un estado muy poco probable y el sistema tenderá siempre hacia estados más probables, hasta que llega a tener el estado de máxima probabilidad, es decir, el estado de equilibrio termodinámico.

Consideremos un sistema de cuerpos aislados. En una transformación, en virtud del segundo principio de la termodinámica, la entropía total del sistema sólo puede aumentar.

Esto no significa otra cosa que el hecho de que la probabilidad del estado del conjunto de cuerpos del sistema debe de ir constantemente en aumento: el sistema no puede sino pasar de un estado a otro estado más probable.³

Retornemos ahora a la primera versión de la teoría piagetiana de la equilibración en los procesos cognoscitivos. Dos citas serán suficientes para mostrar que Piaget estaba dentro del *marco epistémico* de su tiempo (sobre el cual me extenderé en el próximo capítulo):

1) Al enunciar la manera en que se propone explicar la formación de las estructuras lógicas Piaget se expresa así:

Vamos a intentar mostrar que a cada variedad de estructura mental corresponde una o varias formas específicas de equilibrio. Después de lo cual nos preguntaremos, sobre algunos casos privilegiados, cómo se puede explicar el equilibrio y el mecanismo de la equilibración. Finalmente, investigaremos si la sucesión de estructuras (es decir, si sus leyes de filiación y de desarrollo) podrían ser interpretadas gracias a una extensión a los diferentes niveles de esos mismos mecanismos de equilibración.⁴

Y Piaget aclara luego su recurso a la Física:

Como por el momento estamos haciendo psicología pura (...) no se trata de invocar fuerzas o energías que permanecerían tributarias de la pura imaginación, sino de retener exclusivamente, de las definiciones físicas usuales del equilibrio estable, sus caracteres no específicamente "físicos", es decir, los caracteres suficientemente generales para ser aplicados al comportamiento tanto como a los estados materiales. Dos propiedades subrayadas por las definiciones mecánicas presentan esta generalidad. Ellas son, por orden de importancia, la *compensación de las transformaciones virtuales*, y el *mínimum de acción*.⁵

2) Para explicar cómo se pasa de un nivel a otro (de una estructura a otra) Piaget se basa en la termodinámica de Boltzmann y utiliza su mismo vocabulario:

Para comprender cómo el sujeto arriba al comportamiento de equilibrio, conviene en primer lugar examinar, desde un punto

de vista objetivo, el costo y el rendimiento de las estrategias en juego.

Después de analizar cómo evaluarlos, Piaget distingue cuatro tipos de estrategias, genéticamente ordenadas, y concluye:

De manera general consideramos que el "paso a paso" de la serie genética 1 a 4 es una estrategia o sucesión de estrategias (se puede hablar indiferentemente de estrategia general con tácticas sucesivas particulares o de una sucesión de estrategias) y que el pasaje de una estrategia a la siguiente se explicará por razones probabilistas. Este será entonces el esquema explicativo del conocimiento: en cada nivel el comportamiento adoptado es el más probable. (pp. 60-61)

Y más adelante aclara:

Podemos razonar sobre la probabilidad de adopción de los comportamientos definiendo dicha probabilidad como la relación de los casos favorables al conjunto de los casos posibles. (p. 62)

El eje de la explicación reside obviamente en el recurso a la psicogénesis para decidir en cada nivel qué significa "caso favorable" y "caso posible" (p.56), en cuyo análisis no profundizaremos aquí.

Queda claro que Piaget buscó la explicación del desarrollo cognoscitivo inspirándose en los "paradigmas" prevalecientes en esa época en las ciencias físico-matemáticas. No creo aventurado sostener que en ese período sus concepciones fueron muy fuertemente influidas por dos importantes colaboradores que participaban en los trabajos del Centro: Benoit Mandelbrot y Leo Apostel. Ambos son autores de las otras dos partes que constituyen el volumen [EEG II].

De la primera versión de la equilibración, nos interesa destacar dos puntos fundamentales, que se mantuvieron en obras posteriores, pero que debieron ser completamente reformulados en la segunda versión. Por una parte, fue necesario rever la concepción del desarrollo cognoscitivo como generado por "factores" (biológicos, sociales o de carácter empírico) del mismo nivel que la equilibración, a la cual se le había

asignado el papel de “cuarto factor”. En segundo lugar, fue necesario aceptar la insuficiencia de los marcos conceptuales de la teoría de la información y la teoría de los juegos como base de la propuesta explicativa del desarrollo cognoscitivo. La intensificación y diversidad de las investigaciones psicogenéticas muestran que las interpretaciones de las condiciones de equilibrio y de los procesos que conducen a la equilibración se iban complejizando en forma tal que no admitían ser reducidas a “un juego de probabilidades”.

Pero la transformación de la teoría fue lenta. La posición de Piaget en el período que transcurre entre la primera y la segunda versión de la equilibración (1956-1975) queda expresada de manera sintética en uno de los volúmenes más importantes de los *Estudios de Epistemología Genética*, en coautoría con Evert Beth: *Epistemología matemática y psicología*, con el subtítulo “Ensayo sobre la lógica formal y el pensamiento real” [EEG XIV]. En este texto Piaget reitera que “el desarrollo mental sólo puede depender de cuatro factores posibles” (los antes mencionados). Sin embargo, reduce el papel de los tres primeros al aclarar que “el factor preponderante en dicho desarrollo es el factor de equilibración”. El carácter específico del papel que juega la equilibración consistiría “en regular progresivamente las actividades del sujeto tendiendo a compensar las perturbaciones exteriores”.

Esta parte de la explicación del mecanismo de desarrollo, convenientemente explicitada, habrá de mantenerse, pero la teoría se torna vulnerable cuando, consecuentemente, “la formación de la reversibilidad” es atribuida a “un juego de controles secuenciales de probabilidades crecientes”.⁶ Era evidente que, aun cuando se aceptara tal formulación como una hipótesis plausible, difícilmente se le podía asignar carácter explicativo de los *mecanismos* del desarrollo.

Segunda versión de la teoría de equilibración

En 1975 Piaget publica *La equilibración de las estructuras cognitivas* [EEG XXXIII]. El texto había circulado entre los colaboradores del Centro Internacional de Epistemología Genética antes de ser enviado a la imprenta y fue ampliamente comentado y discutido. Algunas de las objeciones fueron consi-

deradas por Piaget suficientemente importantes, y bastante generales, como para incluir en el volumen un apéndice con sus respuestas. Se trata, pues, de una obra profundamente meditada que es sin duda la referencia obligada para entender en qué consiste la epistemología genética.

Para ubicar la obra en el contexto general de la evolución del pensamiento de Piaget y apreciar qué es lo que generó la necesidad de reformular la teoría, es importante tener en cuenta un pronunciado cambio en la orientación de las actividades del Centro Internacional de Epistemología Genética que tuvo lugar en los años precedentes. El foco de atención de las actividades del Centro había variado, hacia fines de los años sesenta, de las estructuras lógicas —que monopolizaron las temáticas desde su fundación— hacia los problemas de la *causalidad*.

En el prefacio del libro sobre *Las relaciones causales* [EEG XXVI] Piaget declara que el desarrollo de la causalidad “presenta problemas mucho más difíciles que el estudio de las operaciones del sujeto” puesto que “hablar de causalidad es suponer que los objetos existen exteriormente a nosotros y que ellos actúan, los unos sobre los otros, independientemente de nosotros”. Aquí Piaget se refiere a *relaciones causales*. Debemos recordar a este respecto la distinción que hemos hecho entre *relaciones causales* y *explicaciones causales*. En las relaciones intervienen solamente las generalizaciones inductivas. En las explicaciones, las relaciones se tornan necesarias en tanto son deductibles dentro de la teoría explicativa.

El estudio de la causalidad presentó de entrada dos cuestiones. En primer término, puso de manifiesto la necesidad de extender el alcance de la teoría del desarrollo cognoscitivo. En efecto, la teoría presentada en “Lógica y equilibrio”, independientemente de la aceptabilidad de sus esquemas explicativos, estaba limitada a dar cuenta del desarrollo de las estructuras lógicas a partir de los niveles de inteligencia sensorio-motriz, llegando hasta la constitución de los niveles operatorios, que culminan en las operaciones formales que constituirán la lógica natural del adulto. Esta limitación no es válida para la causalidad, cuya problemática continúa sin solución de continuidad hasta los más altos niveles del pensamiento científico.

La segunda cuestión es mucho más profunda porque significaba tomar en cuenta el papel que juegan los contenidos y las relaciones causales en el desarrollo de las estructuras. Su planteamiento obligó a una reformulación del problema de la equilibración. La respuesta de Piaget constituye lo que se ha llamado *la segunda versión de la teoría de la equilibración*.

La necesidad de dar prominencia a los contenidos, desde los niveles iniciales, puede resumirse en los siguientes puntos:

- Desde las actividades iniciales de un niño, *toda acción es causal*, no sólo por los mecanismos psicofisiológicos que las generan, sino también por sus resultados. Su propio organismo está sometido a interacciones físicas.

- La causalidad está involucrada en la formación de los esquemas de acción y en sus coordinaciones (ordenar, formar conjuntos), de donde surgirán las operaciones.

- El desarrollo cognoscitivo consistirá inicialmente en la toma de conciencia de las relaciones causales que proceden de las acciones del propio sujeto, diferenciándolas de las relaciones entre los objetos. A partir de allí, el desarrollo lleva a la construcción progresiva de dos sistemas: las *operaciones* del sujeto, que se generan en las coordinaciones generales de la acción, y la *causalidad* que extrae sus "informaciones" de las acciones particulares.

- La causalidad conduce a los "hechos" y las "leyes", a partir de propiedades observables. Pero la "lectura" de los hechos supone instrumentos de *asimilación*, que no son sino formas de organización que dependen de las estructuras operatorias construidas por el sujeto.

Sobre estas bases, quedaba claro que la teoría constructivista del desarrollo cognoscitivo debía de encontrar solución al problema de las interrelaciones e interdependencias entre el sistema constituido por las operaciones lógico-matemáticas y el sistema de relaciones causales cuya fuente es el material empírico. La segunda versión de la teoría de la equilibración responde a dicho planteamiento, para lo cual debió proceder a una total reformulación de la primera versión. La explicación a la cual llega Piaget del desarrollo y equilibración de los dos componentes del sistema cognoscitivo es sin duda uno de los mayores logros de su teoría. Sin embargo, el planteamiento general de la obra sigue centrado en el equilibrio dinámico de

las estructuras ya estabilizadas. Hay referencia al cambio de una estructura por otra, pero sin análisis de los procesos que llevan a dicha sustitución. Las investigaciones realizadas en el Centro, en los años siguientes a la redacción de dicho texto, se van a centrar en el rol de los mecanismos específicos en el desarrollo, comenzando por las *abstracciones* y las *generalizaciones*, con sus modos particulares de equilibración, para continuar luego con el análisis del papel de la *contradicción* y de la *negación* en los procesos de desequilibración y reequilibración.

Dichos trabajos mostraron la necesidad de separar las dos acepciones del término "equilibración": la *equilibración como estado*, en los períodos estacionarios, y la *equilibración como proceso de desarrollo* conducente a las reequilibraciones, luego de la desestabilización de las estructuras en cada estadio o nivel de organización. La separación conceptual se imponía, porque los procesos dinámicos que llevan al sistema a la construcción de nuevas estructuras difieren de aquellos que mantienen una estructura en un estadio estacionario.

El estado de equilibrio dinámico (es decir, la equilibración como *estado*) corresponde al dominio de la lógica formal en tanto está constituido por estructuras estabilizadas. Pero los procesos cognoscitivos que actúan en los períodos de reorganización involucran mecanismos inferenciales que están fuera de la lógica deductiva, restringida a las relaciones entre proposiciones.

Este fue el período más intenso de mi asociación con Piaget. La búsqueda de mecanismos más generales (y más básicos) nos llevó a la propuesta contenida en *Psicogénesis e historia de la ciencia* [PHC] pero, por otra parte, nos llevó también a la propuesta de reformulación de la lógica proposicional. El texto *Hacia una lógica de significaciones* [HLS] introduce dos piezas clave para esa reformulación: las implicaciones entre acciones y las implicaciones entre significaciones (lo cual supone basar la lógica en inferencias en lugar de proposiciones con valores de verdad).

En todas estas reformulaciones, reconsideraciones y reorganizaciones de la teoría hubo un tema que fue adquiriendo prominencia: *la dialéctica de los procesos constructivos*. Piaget cerró este período de su producción con un pequeño volumen (al

cual me pidió que agregara el postfacio): *Las formas elementales de la dialéctica* [FED], un texto que ha pasado casi inadvertido, pero al que asigno fundamental importancia como se verá en la segunda parte de este capítulo.

Procesos estructurantes y estados estructurados

En la primera parte hemos mostrado que la compleja problemática involucrada en la teoría de la equilibración no quedó agotada en el texto [EEG XXXIII]. La investigación psicogenética se focalizó en el estudio de los diversos mecanismos cognoscitivos, y en cada caso Piaget retomó el tema del rol de la equilibración. El análisis del conjunto de los resultados requiere una reconsideración de la formulación de la teoría en forma tal que permita su integración, tarea que Piaget no tuvo vida suficiente para poder realizar.

El objetivo de esta segunda parte del presente capítulo es avanzar en esa dirección, con una propuesta que tiene por base la perspectiva sistémica que hemos adoptado, replanteando la teoría dentro del marco conceptual de los sistemas complejos (capítulo 3).

Nuestro punto de partida serán los tres principios generales que rigen la evolución del sistema cognoscitivo:

- Continuidad de los procesos.
- Continuidad de los mecanismos.
- Desarrollo por reorganizaciones sucesivas.

Como he señalado en el capítulo 2, los tres principios conducen a postular un desarrollo del conocimiento caracterizado por una *continuidad funcional* en todos los niveles, pero con *formas organizativas* que se suceden de manera *discontinua*. De aquí surge que el análisis de los procesos cognoscitivos debe realizarse necesariamente estableciendo una clara distinción entre los períodos con *procesos que tienen lugar dentro de una organización estable* y los períodos en los cuales se desarrollan *los procesos de reorganización*. Ambas categorías de procesos requieren ser analizadas separadamente.

Si utilizamos la denominación genérica de “estructura” (véase capítulo 2) para las formas de organización que comienzan en forma incipiente como formas organizativas y se desa-

rrollan hasta llegar a las estructuras lógicas y lógico-matemáticas, podemos designar ambos tipos de períodos como “estructurados” y “estructurantes”, respectivamente. La transición de un tipo de período a otro se produce por procesos de desestabilización o *desequilibración* y procesos de estabilización o *reequilibración*.

La teoría de equilibración tiene por objetivo explicar la dinámica de esos procesos. Ya he mencionado el hecho de que Piaget utilizó el mismo término “equilibración” para referirse tanto a las etapas estabilizadas que mantienen un equilibrio dinámico, como a las etapas propiamente constructivas en las cuales el término se refiere a procesos que conducen a nuevos equilibrios dinámicos. En el contexto de la reformulación que propongo se torna necesario precisar un poco más la terminología. *Aplicaré el término “equilibración” sólo a los procesos que en cada nivel estructurado mantienen un equilibrio dinámico que es específico para cada uno de los mecanismos.*

Los problemas que dentro de este tema se plantean en el campo de la psicogénesis en sus niveles más elementales y tienen relevancia epistemológica fueron tratados en el capítulo 4.

En niveles más avanzados, a partir del momento en que ya se pueden considerar organizaciones que entran en la categoría de “estructuradas”, y de allí hasta las teorías científicas, los procesos de ambas categorías (estructurantes y estructurados) se suceden con alternancias y presentan modalidades bien diferenciadas. Los problemas que se plantean para su estudio no son privativos del sistema cognoscitivo. El filósofo inglés A. N. Whitehead (quien fuera colaborador de Bertrand Russell en la monumental obra *Principia Mathematica*, antes de que sus rumbos filosóficos se separaran definitivamente) ya había hecho notar el carácter general de ambas categorías de procesos al afirmar que “Todo sistema de análisis de la Naturaleza debe enfrentar dos tipos de hechos: la permanencia y el cambio”.⁷

En el desarrollo de la epistemología constructivista, los problemas del *cambio* (períodos estructurantes, procesos de reequilibración), en contraposición con la *permanencia* (períodos estacionarios, organizaciones estables), aunque son parte inherente de los principios generales, son abordados por

Piaget de manera específica en el texto [FED], publicado el mismo año de su muerte. Las investigaciones allí analizadas vinieron a llenar una importante laguna dentro de la teoría. En los estudios sobre el desarrollo del conocimiento, el análisis se había centrado fundamentalmente en las formas organizativas que iban adquiriendo los sucesivos niveles estabilizados, es decir, los famosos *estadios* puestos de manifiesto por la psicología genética.

Ese tipo de estudios, que domina casi totalmente la obra de Piaget, le valió el calificativo —muchas veces con intención peyorativa— de “estructuralista” y significó que su epistemología fuera puesta en la bolsa común de los estructuralismos que entraron en crisis hacia 1960. Sin embargo, como ya hemos aclarado repetidas veces, la posición de Piaget no puede calificarse de “estructuralismo” a secas porque se trata de un *estructuralismo genético*, en el cual las estructuras son explicadas a partir de los procesos que las generan.

Piaget se centró en el análisis de las estructuras ya constituidas como tales, porque vio claramente que allí estaba la clave para comprender en qué consiste el carácter explicativo de las teorías científicas. El nudo central del problema está en la lógica (véase capítulo 7). Dejando a un lado las ideas platónicas, coherentes pero epistemológicamente insostenibles (y sin entrar a analizar por qué una gran proporción de lógicos y matemáticos sigue pensando como Platón), todos los sistemas filosóficos, incluyendo a Kant y el positivismo del siglo xx, han encontrado su talón de Aquiles en la incapacidad de dar cuenta del origen y la explicación de la lógica. El constructivismo piagetiano hubiera carecido de sustentación si no hubiera sido capaz de dar cuenta de este problema. Mostrar que los procesos constructivos del conocimiento conducen a la *construcción de la lógica* y dedicar varias décadas a esa investigación no fue, pues, una decisión arbitraria, sino una obligación ineludible.

Lamentablemente esta circunstancia imprimió a la epistemología constructivista un sesgo muy marcado que dificultó su comprensión y su aceptación. Si *Formas elementales de la dialéctica* se hubiera publicado contemporáneamente con *La equilibración de las estructuras cognitivas* e integrada con ella, creo que otra hubiera sido la acogida de esta epistemología en

los círculos académicos, superando la falsa asociación que suele hacerse de la epistemología genética con las posiciones estructuralistas anti-historicistas.

Mi propósito en este capítulo es recorrer el camino inverso, mostrando (por el método retroductivo explicado en el capítulo 2) cómo las etapas estabilizadas, con sus estructuras características, parten de procesos que están en acción durante los períodos constructivos.

Es preciso enfatizar un hecho que, aun cuando pudiera parecer obvio, es ineludible adoptar como punto de partida del análisis: *no se llega a construir nuevas estructuras por un proceso deductivo*. Dicho de otra manera: en la construcción del conocimiento, las formas organizativas que corresponden a la sucesión de niveles estructurados no se relacionan unas con otras por el tipo de implicaciones que constituyen la lógica formal. Sin embargo, todo el proceso se desarrolla al nivel de la conceptualización y es de carácter inferencial, *pero se trata de inferencias que no se basan en implicaciones entre proposiciones*. Estamos aquí en un tema que se desarrolla tardíamente en la concepción piagetiana de la construcción del conocimiento y que por consiguiente, no fue integrado dentro de la teoría general.

En forma incipiente el tema aparece ya en [EEG XIV]. El capítulo 7 sec. 43 lleva como subtítulo "El punto de vista genético y el punto de vista normativo". Allí Piaget afirma que:

contrariamente a los hechos de comportamiento, los hechos de la conciencia no están referidos a las categorías habituales aplicables a la realidad física: sustancia, espacio, movimiento, fuerza, etc., y en general a la casualidad. (...) Su carácter fundamental es de consistir en *significaciones*, desde el punto de vista cognitivo, y en *valores*, desde el punto de vista afectivo. Pues bien, una significación no es una "causa" de otra, ni un valor de otro, pero ellos se vinculan entre sí por medio de lo que podríamos llamar (por falta de una expresión mejor) una cierta manera de implicación ingenua.

Casi dos décadas después de estas afirmaciones, al final mismo de su producción, Piaget reformula su posición frente a la lógica y en la Introducción a *Hacia una lógica de significaciones* [HLS] comienza por declarar que el objetivo princi-

pal de su obra es “completar y corregir la lógica operatoria en el sentido de una lógica de significaciones”. Las implicaciones significativas dejan de ser consideradas como implicaciones “ingenuas”, y pasan al primer plano, “en particular aquellas que consisten en *implicaciones entre acciones* o entre operaciones” y Piaget señala con razón que “salvo error, somos los únicos autores en hablar de ellas”. Las nuevas investigaciones psicogenéticas expuestas en [HLS] mostraron que “la formación de operaciones y de las estructuras que resultan de sus composiciones necesarias” tienen sus raíces genéticas en significaciones y en implicaciones entre ellas “a partir de implicaciones entre acciones, las cuales permanecen implícitas antes de la toma de conciencia y de su formulación final en enunciados”. Es importante tener en cuenta que el texto de [HLS] es anterior a *Psicogénesis e historia de la ciencia* [PHC] y a *Las formas elementales de la dialéctica* [FED] aunque haya sido publicado en fecha posterior. En la 2ª parte de [HLS] yo tomé en cuenta los desarrollos de [PHC] pero no [FED]. La necesidad de entrar en estas precisiones reside en las siguientes consideraciones.

El texto de Piaget en la primera parte de [HLS] constituye un cambio sustancial en su concepción de la génesis de la lógica formal, debida, fundamentalmente, a la introducción del concepto de *implicación entre acciones*. Sin embargo, el texto está todavía orientado hacia la constitución de la lógica operatoria y su culminación en la lógica formal. Esto da cuenta de una parte de la construcción del conocimiento, es decir, está referida a los períodos estacionarios con estructuras estabilizadas. Los períodos estrictamente constructivos, que hemos llamado “estructurantes” en las etapas de reorganización y reequilibración, sólo fueron tratados por Piaget (sistemáticamente) en [FED], sobre la base de las implicaciones entre acciones y significaciones. Allí se presentan investigaciones psicogenéticas que ponen de manifiesto formas de inferencias que utilizan dichas implicaciones, si bien no se trata de inferencias basadas en relaciones entre enunciados. Pero es importante enfatizar el hecho de que el análisis histórico-crítico de las teorías científicas muestra claramente que se trata del mismo tipo de inferencias que hace el científico en el proceso de desarrollar sus construcciones teóricas (véase capítulo 7). La

parte fundamental de [FED] consiste en mostrar que las *inferencias* involucradas entre acciones, significaciones y operaciones son de *carácter dialéctico* y constituyen el mecanismo que está en la base de los procesos constructivos.

A partir de allí, las reorganizaciones que constituyen el proceso general del desarrollo del conocimiento quedan claramente divididas en dos tipos de etapas o fases:

a) *Fases estabilizadas*, en las cuales el sistema interno de relaciones es interpretable en términos de la lógica formal. Hay, por consiguiente, deducibilidad entre las partes del sistema. Esto es obvio al nivel de las teorías científicas, y la Psicología Genética lo puso en evidencia al nivel de los famosos estadios piagetianos. Las inferencias que tienen lugar fueron denominadas por Piaget, siguiendo a Kant, "inferencias discursivas", retomando la acepción original del término "discurso" como "acto del entendimiento que consiste en pasar de premisas a conclusiones". Sin embargo, tal acepción se presta a confusiones (por ser poco usada actualmente) por lo cual las llamaré *inferencias deductivas*.

b) *Fases de desarrollo constructivo*, en las cuales los razonamientos involucrados están constituidos por *inferencias dialécticas* con las características que especificaremos a continuación.

Las fases dialécticas de la construcción (estructurantes)

Comenzaré por retomar la caracterización de la dialéctica en términos piagetianos. La tríada hegeliana (tesis, antítesis, síntesis) como fórmula representativa del desarrollo del conocimiento es insostenible desde el punto de vista epistemológico. También el constructivismo rechaza el llamado "principio de la identidad de los contrarios" que prevalece en muchos textos sobre la dialéctica. Piaget observa, un tanto irónicamente, que si bien se podría aceptar que toda afirmación *implica* su negación (con un sentido de implicación que no es el de la lógica formal), ello no significa que *es* su negación.

Desde la perspectiva constructivista, la dialéctica no es reducible a un conjunto de principios. La dialéctica representa los modos de acción de *los procesos cognoscitivos en sus fases constructivas*. Su definición está implícita en los tipos de

procesos en los cuales interviene. Sin embargo, se puede identificar un cierto número de caracteres comunes, en tales modalidades de la dialéctica, que Piaget reduce a cinco, aclarando que actúan solidariamente “puesto que cada uno de ellos involucra a los otros”.⁸

1. *Interacciones sujeto/objeto.* La relación cognoscitiva sujeto/objeto es una relación dialéctica en tanto se trata de procesos de asimilación (por medio de esquemas de acción, conceptualizaciones o teorizaciones según los niveles) que proceden por aproximaciones sucesivas y a través de los cuales el objeto va presentando nuevos aspectos, características, propiedades, etc., que un sujeto también cambiante va reconociendo. Tal relación dialéctica es un producto de la interacción, *a través de la acción*, de los procesos antagónicos (pero indisociables) de asimilación y acomodación.

2. *Diferenciaciones e integraciones.* Los procesos precedentes concurren a identificar “partes” del objeto que no estaban diferenciadas y que al ser integradas redefinen la totalidad, la cual a su vez es susceptible de nuevas diferenciaciones, en un juego repetible que caracteriza a la dialéctica.

3. *Relativizaciones.* Caracteres que cuando son considerados en forma aislada se presentan como propiedades absolutas, entran luego en un juego de interdependencias dentro de los cuales las propiedades se tornan relativas, a través de procesos inferenciales que no son reducibles a relaciones proposicionales.

4. *Coordinación de subsistemas.* Sectores ó dominios de la experiencia que aparecen como independientes o aun opuestos entre sí, entran en coordinación, en un proceso también característicamente dialéctico de mutua redefinición que los lleva a constituir una nueva totalidad dentro de la cual funcionan como subsistemas.

5. *El helicoide dialéctico.*⁹ Aquí tomaremos la caracterización que hace Piaget: en la construcción de interdependencias, la dinámica de las interacciones comprende necesariamente

un aspecto de sucesión tal que todo proceso en el sentido de la construcción proactiva provoca reorganizaciones retroductivas que enriquecen las formas anteriores del sistema considerado.

Estas cinco modalidades de interacciones dialécticas son formativas de las nuevas relaciones e interdependencias que concurren a constituir las nuevas etapas en el desarrollo del conocimiento. Ellas tienen claramente carácter inferencial, en tanto se encadenan en razonamientos que a partir de supuestos (explícitos o implícitos) permiten extraer conclusiones, aunque tales razonamientos no sean representables en un sistema deductivo.

Con esta caracterización de la dialéctica, podemos ahora retornar al problema de la dinámica del desarrollo cognoscitivo. En el capítulo precedente sobre *los mecanismos de los procesos cognoscitivos* propuse distinguir entre dos tipos de “procesos de desarrollo” como “los verdaderos dinamizadores” de la evolución del conocimiento: la equilibración y la sucesión de etapas de carácter “intra”, “inter” y “trans” designada abreviadamente como la tríada (IaIrT). Nos hemos referido a esta tríada, como el más general de los mecanismos que rigen la progresión del conocimiento. El carácter dialéctico de la tríada se puso por primera vez de manifiesto en el *Postfacio* a [FED],¹⁰ en los siguientes términos:

En primer lugar, el paso de una etapa a la otra no puede ser sino un proceso de interrelaciones: más precisamente, se trata, en primer término, de interrelaciones de elementos en una transformación, pero luego de interrelaciones entre transformaciones en el interior de una estructura. En segundo lugar, las interrelaciones no son suficientes por sí mismas para asegurar el paso de una etapa a la siguiente. Poner de manifiesto las interacciones no puede consistir simplemente en mostrar que tal elemento está en relación con tal otro. La superación de una etapa solamente puede hacerse cuando las propiedades de los elementos o de las transformaciones relacionadas entre sí son despojadas de su carácter “absoluto” y aparecen como casos particulares de una propiedad más general.¹¹

Esta concepción de los procesos (IaIrT) es más ampliamente elaborada en [PHC], donde las tres etapas son designa-

das como “la tríada dialéctica”, aclarando que las consideramos “mucho más flexibles, en principio, que las tesis, antítesis y síntesis de la dialéctica clásica aunque se basan también en el papel de los desequilibrios y reequilibraciones con rebasamientos”.

El análisis que se hace en los diversos capítulos de [PHC], sobre los procesos que constituyen la tríada, pone de manifiesto que *las tres fases o etapas son de naturaleza funcional y no estructural*, es decir, son inherentes a los procesos constructivos, y no están ligadas a los niveles o etapas particulares, sino que describen los aspectos dinámicos de los mecanismos estructurantes.

Recordemos las características de la tríada.¹² La etapa intra-operacional (Ia) corresponde a la fase de análisis de casos particulares sin vinculaciones con otros. La comparación de casos diferentes pone en evidencia similitudes y diferencias que conducen a una etapa inter-operacional (Ir) de construcción de transformaciones, las cuales se integran en totalidades que constituyen formas organizadas con nuevas propiedades en la etapa trans-operacional (T). Ambos pasajes (Ia)→(Ir), (Ir)→(T) constituyen dos formas de lo que en la teoría clásica se denominó “síntesis dialéctica”. En todo el proceso entran en juego las cinco características de la dialéctica que hemos señalado.¹³

Las fases estructuradas

En la teoría de los sistemas complejos abiertos, desde la cual hemos planteado la concepción de la epistemología constructivista (capítulo 3), los “estados estacionarios” no son estáticos, sino que mantienen una configuración que está sujeta permanentemente a perturbaciones que no exceden de cierta magnitud, más allá de la cual el sistema se desorganiza. El estado estacionario mantiene una organización (estructura) en equilibrio dinámico (con fluctuaciones) por los *flujos compensados* de las “fuerzas” (acciones) que actúan sobre él.¹⁴

En el capítulo 3 se presentó como “sistema Σ ” al sistema cognoscitivo en sentido amplio, constituido por el subsistema mental o psicológico C, conjuntamente con los subsistemas B (biológico) y S (social). Allí se designó con la expresión “condi-

ciones de contorno de C” a las interacciones de C con B y S, simbolizándolas B/C y S/C, respectivamente. Tales interacciones no son concebidas en el sentido del principio mecánico de “acción y reacción”, sino como *flujos* de actividades, conductas, acciones de carácter físico o biológico, información, etc. También se indicó que tales condiciones de contorno *condicionan y modulan* el desarrollo del sistema C, con evidente predominio de los flujos B/C en el recién nacido (y durante cierto tiempo), pero con creciente influencia de los flujos S/C.

En este capítulo (y ya desde el capítulo anterior) he utilizado la expresión “sistema cognoscitivo” (sin más calificativo) con referencia al sistema C (subsistema de Σ), para centrar la atención en los *mecanismos intrínsecos* de C, sin cuya comprensión las frecuentes referencias a “lo social” por parte de muchos autores (particularmente los críticos de Piaget) sólo tiene sentido *indicativo de una indudable influencia*, pero carecen de capacidad *explicativa* como teoría epistemológica. En el capítulo 6 sobre “Sociogénesis del conocimiento científico”, daremos ejemplos específicos de carácter histórico que permiten un análisis concreto de las interacciones S/C.

Hecha esta aclaración de las diferentes utilizaciones de la expresión “sistema cognoscitivo”, retornemos a la teoría de la equilibración. En la breve reseña sobre el desarrollo de la teoría, en la primera parte de este capítulo, he señalado que un punto decisivo de la nueva dirección que tomó la teoría y condujo a [EEG XXXIII], fue la introducción de la problemática de la causalidad, es decir, de la ciencia empírica. Obviamente Piaget se había ocupado en muchas oportunidades de esos problemas. En particular, de los tres volúmenes de la *Introducción a la epistemología genética* publicada en 1950 (que B. Inhelder llama “la primera síntesis epistemológica” de la obra piagetiana) dos de ellos están dedicados a las ciencias empíricas. Sin embargo, como la misma B. Inhelder hace notar en el prefacio a [PHC]:

La génesis de las explicaciones causales condujo a Piaget a centrarse más sobre *el papel del objeto en la formación de las operaciones del pensamiento* y a desarrollar un interaccionismo integral.

Como he indicado en la primera parte de este capítulo, a partir de ese momento el análisis de los mecanismos del desarrollo cognoscitivo quedó enfocado en la compatibilización del sistema de operaciones lógicas con el sistema de relaciones causales. Entre las muchas diferencias que separan ambos dominios o componentes del sistema cognoscitivo, quizá la más notable desde el punto de vista constructivista es que las estructuras lógico-matemáticas son engendradas unas a partir de las otras en una sucesión de niveles sin que los procesos de un nivel entren en contradicción con los anteriores. Por el contrario, la historia de las conceptualizaciones y teorías en los dominios de la física y la biología muestra avances y retrocesos, con una continua reformulación conceptual, así como el caso de teorías que son íntegramente reemplazadas por otras. Como es obvio, el desarrollo del “sistema causal” está siempre subordinado al tribunal de la experiencia, pero una “experiencia” constituida por “observables” que son *interpretaciones* de hechos, y por lo tanto también reformulables y eventualmente desechables.

Esta diferencia entre el dominio de las operaciones lógicas y el dominio de las relaciones causales nos lleva a dividir el análisis de lo que he llamado “las fases estructuradas”, es decir, de la teoría de la equilibración en sentido estricto, en dos tipos de problemas:

a) Las interacciones y las formas de equilibrio entre los dos componentes del sistema cognoscitivo:

- Componente *endógeno*, que son las estructuras lógicas y lógico-matemáticas utilizadas por el sujeto en cada nivel de desarrollo.

- Componente *exógeno*, constituido por hechos y observaciones referidos al mundo empírico.

b) La dinámica diferencial en el desarrollo de ambos componentes, que se refleja en el hecho de que el segundo (exógeno) permanecerá subordinado al primero (endógeno), mientras que el primero, si bien se generó conjuntamente con el segundo, llega a tener su propia autonomía (que no es sino la independencia que adquiere la lógica con respecto a todo tipo de dato empírico).

Los problemas del grupo (b) son específicos de los mecanismos descritos en el capítulo 4 y corresponden, por consiguiente, a la *equilibración interna de la componente endógena*. Se encuentran referencias a ellos en cada uno de los volúmenes que contienen los resultados de las investigaciones psicogenéticas centradas en cada mecanismo.

El modelo general de la equilibración

La necesidad de buscar un esquema explicativo, en el marco de la epistemología constructivista, de los procesos que generan el desarrollo del conocimiento, tiene su raíz en la inadecuación de las propuestas empiristas, puestas de manifiesto tanto en las investigaciones psicogenéticas como en el análisis histórico-crítico al más alto nivel de las teorías científicas. Dichos estudios mostraron las limitaciones del modelo empirista según el cual se trataría en definitiva de la sucesiva aplicación de explicaciones ad hoc o de modelos teóricos a los datos empíricos obtenidos por la observación y experimentación.

Desde la concepción constructivista del desarrollo cognoscitivo, el esquema explicativo se plantea como un problema de interacciones e interrelaciones entre los elementos endógenos aportados por la actividad del sujeto, y los elementos *exógenos* provenientes de su relación con la experiencia. La dificultad de encontrar un esquema adecuado reside, por consiguiente, tanto en el carácter complejo de dichos elementos como en la multiplicidad y variedad de las interacciones. El esquema de equilibración presentado por Piaget en [EEG XXXIII] resuelve el problema de manera sorprendentemente simple y elegante.

Los elementos cuyas interrelaciones concurren al desarrollo, y cuya equilibración determina las fases estabilizadas son:

- Los observables provenientes de las constataciones sobre los objetos (Obs O). En sentido amplio, se incluyen como observables no sólo los registros de objetos y eventos singulares. Las relaciones entre dichos observables se convierten también en observables.

- Las observaciones del sujeto sobre sus propias acciones, a partir de la toma de conciencia de sus actos, y luego de sus conceptualizaciones (Obs S).

- La manera en que el sujeto coordina (organiza) sus acciones y sus conceptualizaciones (Coord S).

- Las coordinaciones que establece el sujeto con los objetos, desde simples relaciones entre eventos hasta las relaciones causales (Coord O).

Cada uno de estos elementos requiere aclaraciones y comentarios.

1. Los cuatro elementos de la lista podrían clasificarse, en un primer análisis, en exógenos (Obs O y Coord O) y endógenos (Obs S y Coord S). Sin embargo, los elementos observacionales que provienen de la experiencia *en un nivel dado* son obviamente clasificados como exógenos, pero no son "observables puros" en cuanto contienen *interpretaciones* que han sido elaboradas en niveles inferiores. En dicha elaboración han participado elementos endógenos Obs S y Coord S. No hay, por consiguiente, una separación neta exógeno/endógeno. La línea divisoria entre ambos componentes es sólo relativa a cada uno de los niveles. Lo mismo ocurre con las coordinaciones. Aquí parecería aplicarse el tan difundido *dictum* de Russell Hanson: "todo observable está cargado de teoría", pero hay que tener en cuenta que los términos "observable" y "experiencia" no tienen el mismo sentido en el contexto empirista (que es el de Russell Hanson) que en nuestro contexto constructivista.

2. Los elementos que concurren a la equilibración general exógeno/endógeno no funcionan de manera autónoma. En cada nivel hay interacciones e interdependencias entre las observaciones sobre la acción propia (Obs S) y sobre los objetos (Obs O) que conducen a acciones recíprocas entre las coordinaciones S y O.

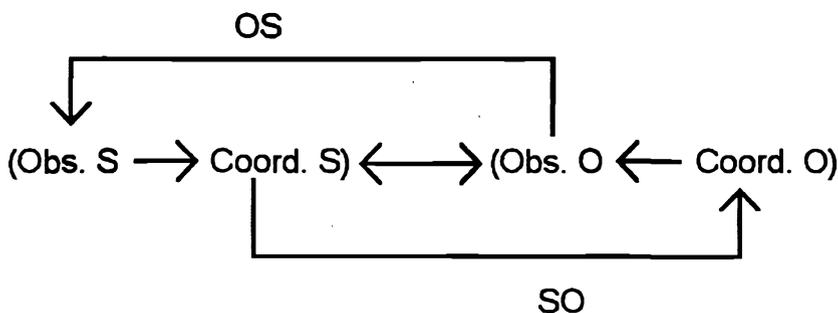
3. En cada nivel, los cuatro elementos funcionan en forma estabilizada (puesto que en eso consiste la existencia de niveles cognoscitivos), lo cual significa que en cada uno de ellos hay, a su vez, un equilibrio dinámico entre los mecanismos descritos en el capítulo anterior (abstracciones, generalizaciones, correspondencias, transformaciones).

4. Desde el punto de vista psicogenético, el principio general que rige las interrelaciones entre los cuatro elementos consiste en el hecho elemental de que el sujeto toma conciencia de sus propias acciones sólo a través de sus constataciones

sobre los objetos; pero los objetos sólo son cognoscibles por medio de las inferencias a las cuales se llega a través de las coordinaciones de las acciones del sujeto. Sobre esta base Piaget construyó su esquema general de la equilibración que reproducimos a continuación.

Diagrama del modelo general

La idea que dio lugar al diagrama general de la equilibración que introdujo Piaget fue, en el fondo, la concepción de las interacciones entre los elementos como un doble circuito de carácter dialéctico en el cual la complejidad del sistema se intenta representar de manera gráfica. Aquí utilizamos el término “complejidad”, referido al *sistema cognoscitivo*, en el sentido que hemos definido en el capítulo 3, como “interdefinibilidad de los elementos del sistema”. La gráfica que reproducimos de [EEG XIII] es la siguiente.



Los procesos OS representan la toma de conciencia a partir de los resultados de la acción (logros y fracasos). A partir de allí el sujeto puede coordinar sus acciones y conceptualizar en la dirección Obs S → Coord S, que incluye desde inferencias elementales hasta las relaciones y estructuras lógicas, según los niveles. Los procesos SO conducen de las coordinaciones de la acción (Coord S) a las coordinaciones sobre los objetos (Coord O). Las Coord O consisten, en general, en establecer relaciones causales que rebasan los observables y son establecidas por inferencias, de allí la dirección Coord S → Coord O. Tales relaciones son primero aplicadas y luego “atribuidas” a los objetos.

Las interrelaciones de los dos tipos de coordinaciones permiten nuevas interpretaciones de los datos empíricos, es

decir, llevan al “descubrimiento” de nuevos observables, lo cual cierra el ciclo inicial y abre un nuevo ciclo.

Asimilación, equilibración, y el proceso general de desarrollo

Los procesos de asimilación y equilibración funcionan solidariamente en la conformación del proceso general de desarrollo que es la sucesión (IalrT).

Los Obs O surgen en cada nivel del proceso de asimilación. Este proceso consiste en incorporar los datos provenientes de los objetos (en el sentido amplio de “objetos de conocimiento”) a los esquemas de acción y esquemas conceptuales, con acomodación de dichos esquemas a las propiedades del objeto. Esta es la primera forma de equilibración, entre los “hechos” obtenidos por abstracción empírica y generalización inductiva de formas exógenas, por una parte y la actividad endógena, por la otra, consistente en las coordinaciones inherentes a la formación y acomodación de los esquemas del sujeto. Hasta aquí el proceso está centrado en las propiedades del objeto y constituye la etapa *Intra-operacional* (Ia).

La siguiente etapa está caracterizada por abstracciones reflexivas y generalizaciones completivas. Las propiedades de los objetos son comprendidas como invariantes de transformaciones. Se generan nuevos esquemas que entran en procesos de asimilación recíproca y constituyen lo que podemos llamar “subsistemas”, como formas más o menos estables de coordinaciones y transformaciones. La equilibración de los subsistemas lleva a la etapa *Inter-operacional* (Ir).

En la tercera etapa se pasa de comprender las propiedades como invariantes de transformaciones a la concepción de una estructura total que las integra. Estamos en la etapa *Trans-operacional* (T) en la cual el sistema de transformaciones está equilibrado como un juego de variaciones intrínsecas dentro de una totalidad caracterizada por procesos puramente endógenos.

El desarrollo puede así visualizarse como una progresión que comienza en una fase constructiva de fuente exógena (intra) y llega a ser endógena (trans) pasando por una fase de transición que podemos llamar exo-endógena (ínter). Esta progresión corresponde al pasaje de *propiedades a transfórma-*

ciones, y de estas a *estructuras*, que constituyen las sucesivas formas de organización de los conocimientos.

Por otra parte, la progresión (IaIrT) constituye también un avance en la búsqueda y comprensión de la explicación del desarrollo:

Comprender los estados de la etapa (Ia) como resultantes de transformaciones, y para ello transformar localmente los elementos, como en el caso de la etapa (Ir), constituye un primer acceso a conexiones necesarias que determinan intrínsecamente sus propias razones. Pero las transformaciones exigen, a su vez, una motivación que las explique, y la búsqueda del "trans", que conduce a las estructuras, es la respuesta a ese nuevo requerimiento, ya que un sistema total de transformaciones engendra nuevas transformaciones y provee las razones de su composición de conjunto. Pero está claro que este carácter "total" permanece aún relativo y el movimiento continúa. En síntesis, la sucesión (IaIrT) no es sino la expresión de un mismo proceso que, no sólo da respuesta al *por qué* de las relaciones sino que les confiere un carácter de *necesidad*, siempre relativa pero que se incrementa de una etapa a la siguiente.¹⁵

La tríada (IaIrT) constituye una sucesión dialéctica que involucra dos formas de rebasamiento o superación dialéctica: a) partiendo de la simple identificación y "adición" de propiedades de la etapa Intra se pasa, por diferenciaciones y relativizaciones a los procesos de transformación (etapa Inter), b) un nuevo proceso de relativización es necesario para la *coordinación* de las transformaciones, agrupándose en subsistemas que se integran (en una síntesis dialéctica) en las totalidades características de la etapa Trans.

Esta misma sucesión puede analizarse en sentido inverso, lo cual muestra la naturaleza de la vección en el proceso constructivo, y pone en evidencia el carácter de *necesidad* que hemos señalado en la sucesión invariante de las etapas. En efecto, la etapa Trans, que reúne en una totalidad el sistema de transformaciones, supone la previa elaboración de dichas transformaciones, es decir, supone la etapa Inter, pero no se llegó a ella sin haber identificado y relacionado previamente las propiedades que caracterizan la etapa Intra.

Es necesario subrayar, sin embargo, un segundo aspecto de la tríada que constituye quizá la más importante contribución que aportaron las investigaciones que condujeron a [PHC], y que es fundamental para comprender la naturaleza de la *vección* que hemos mencionado. Se trata de haber puesto en evidencia, tanto en la psicogénesis como en la historia de la ciencia, que la tríada (IaIrT) no representa simplemente un orden regular de procesos que se suceden más o menos linealmente de un nivel a otro, sino que cada etapa se desarrolla por procesos constituidos por *subetapas* que se suceden con características similares y en el mismo orden que gobierna la sucesión de las etapas.

En la época en que escribimos [PHC] no se habían popularizado los objetos o estructuras *fractales* descubiertas contemporáneamente por Mandelbrot¹⁶ (el mismo que colaboró con Piaget en la primera versión de la equilibración). Hoy sabemos que lo que se ha denominado “geometría fractal” ya no es una rareza, sino que se ha encontrado de manera muy general en los fenómenos naturales (como por ejemplo, las líneas sinuosas y complicadas del borde de las costas de ríos y mares, los contornos de las nubes, la trayectoria de un movimiento browniano). No parece descabellado, por consiguiente, considerar que la imbricación de etapas y subetapas en las tríadas (IaIrT) presenta cierta analogía con objetos fractales.

Esto nos conduce a reconsiderar la conceptualización de los famosos estadios piagetianos en el desarrollo psicogenético. Debemos dejar claro, sin embargo, que “reformular” no significa “desechar” el concepto, tal como lo han intentado numerosos críticos que han generalizado la idea de que la noción de estadio está perimida. Por el contrario, como hemos expuesto en el capítulo 3, Piaget fue un precursor de la concepción, hoy aceptada en muchos dominios de la ciencia, donde se trata de la evolución por reorganizaciones sucesivas. *La noción de “estadio” está involucrada en la noción de “reorganización”*.

La descripción de la dinámica de los procesos cognoscitivos, tal como hoy la concebimos, tropieza con la dificultad de dar precisión a los conceptos debido a la vaguedad de la terminología que se ha venido utilizando en este dominio. Esto justifica que presentemos una propuesta que intenta recoger y ordenar (con algunas repeticiones inevitables) las diversas nociones

que han estado en juego en este capítulo, con la esperanza de lograr una sistematización en el análisis de los múltiples aspectos de la dinámica cuyas grandes líneas he expuesto precedentemente.

El marco terminológico aquí propuesto involucra cuatro tipos de distinciones en los procesos que conducen al desarrollo cognoscitivo:

a) Períodos

b) Fases, Niveles, Etapas (y subetapas).

a) Hablaremos de *períodos* cuando hagamos referencia a un desarrollo biológico del individuo a través del tiempo.

b) Las otras distinciones corresponden a diversos aspectos de la dinámica del desarrollo. La progresión del conocimiento, ya lo sabemos, no tiene lugar de manera continua por “agregados”, sino que procede por *reorganizaciones* que comprenden dos tipos de fases alternadas: *fases constructivas* o estructurantes, y *fases estabilizadas* o estructuradas.

Pero la división no es tajante como podría suponerse a partir de algunos textos de Piaget en el campo psicogenético. Esto queda evidenciado por lo que he llamado “carácter fractal” de la tríada. Por otra parte en [HLS] quedó en evidencia que mucho antes de que se establezca el nivel que Piaget llamó “hipotético deductivo” (con la estabilización de las 16 operaciones binarias de la lógica proposicional y del grupo INRC), los niños hacen uso de una multiplicidad de dichas relaciones. De hecho, se van construyendo fragmentos de lo que será la estructura de esa lógica con una estabilidad relativa, los cuales se irán coordinando entre sí hasta llegar a aquel nivel. *Los estadios piagetianos se construyen por consiguiente en una sucesión de etapas y subetapas*, con estabilidades relativas temporarias, en un entramado de gran complejidad. Lamentablemente suelen confundirse los estadios (que son períodos con formas organizativas o estructuras estabilizadas), con las fases de la tríada (laIrT) que son períodos constructivos que constituyen el dominio de la dialéctica sin estructurantes lógicos.

En este desarrollo debemos diferenciar entre dos aspectos del proceso total. En primer término, la naturaleza *fractal* de la tríada, cuyas etapas son fruto también de subetapas que

repiten la sucesión (IaIrT). Pero el hecho fundamental es que la tríada del nivel n se repite en el nivel $n+1$. Las estructuras del nivel n pasan a ser *elementos* de la subetapa Intra del nivel $n+1$, lo cual conducirá a nuevas transformaciones Inter, y luego a la estructura del nuevo nivel.¹⁷

Revisión del desarrollo de la teoría de equilibración

El análisis de la historia de la teoría de la equilibración conduce a cuestionar la concepción corriente que se encuentra en las exposiciones de la teoría, según la cual "Lógica y equilibrio" [EEG II] y *La equilibración de las estructuras cognitivas* [EEG XXXIII] contienen dos versiones de la misma teoría. Aunque seguiremos refiriéndonos a dichas obras, abreviadamente, como la primera y la segunda versión de la equilibración, las dos obras podrían más adecuadamente ser interpretadas como dos teorías diferentes, en el sentido de que ellas responden a preguntas diferentes sobre la evolución del sistema cognoscitivo (además de recurrir a esquemas explicativos muy distintos sobre los mecanismos de desarrollo). No se trata, por consiguiente, de dos modelos diferentes para explicar la misma problemática, sino de una reformulación de los problemas involucrados en el desarrollo cognoscitivo. La segunda versión retoma los problemas de la primera versión, pero los incorpora como parte de un planteo mucho más amplio y con mayores alcances.

La primera versión fue un intento de responder al problema central que enfrentó el programa que propuso Piaget desde el inicio del Centro Internacional de Epistemología Genética, y que podemos resumir así:

- si todo proceso de asimilación consiste en la incorporación al sistema cognoscitivo, de elementos externos (objetos, eventos) que constituyen el *contenido* al cual el sujeto impone formas de organización;

- si las formas de organización corresponden a estructuras que el sujeto va construyendo por etapas (estadios), las cuales comienzan con las primeras coordinaciones de acciones;

- y si esta construcción culmina con la lógica utilizada por los adultos, *la cual permanece estable a partir de la adolescencia;*

- entonces, el problema central de la investigación epistemológica debe centrarse en la génesis y el desarrollo de la lógica natural, en la búsqueda de una explicación del equilibrio final (que es, sin duda, un equilibrio dinámico) al que llega la lógica del adulto.

Este planteo justifica que Piaget recurra a los principios de la mecánica para obtener una explicación. Al mismo tiempo, este hecho lo pone frente al problema de la importancia de tomar en cuenta que los contenidos en la evolución de las estructuras lógicas permiten la asimilación de esos contenidos.

Estas *constataciones experimentales* le permitieron a Piaget mostrar cómo el Sujeto (como sujeto de conocimiento) genera las estructuras lógicas a partir de las coordinaciones de sus propias acciones, como *formas de organización* de sus interacciones con el Objeto (como objeto de conocimiento), y cómo estas formas (estructuras), que son producto de dichas interacciones, se independizan de los contenidos, se coordinan entre sí generando nuevas formas en nuevas interacciones, y se aplican a nuevos contenidos.

En el estudio de estos procesos, el centro de atención de las investigaciones fue la construcción de las estructuras, es decir, de las formas organizativas de la experiencia. Obviamente, los contenidos estuvieron siempre presentes, puesto que el objetivo de la investigación era precisamente llegar a saber en qué consistía su *asimilación* por parte del sujeto. Pero los contenidos quedaron un poco en el trasfondo. La afirmación de Piaget que tomamos de uno de los volúmenes sobre *Aprendizaje y conocimiento* es reveladora de dicha posición:

Desde el punto de vista del equilibrio, el aprendizaje de contenidos se caracteriza por una gradual pero siempre inacabada equilibración entre asimilación y acomodación, mientras que sólo las estructuras lógico-matemáticas realizan este equilibrio en forma permanente.¹⁸

Llevó casi veinte años más de investigación encontrar la manera adecuada de mostrar el rol de los contenidos en los procesos de desarrollo cognoscitivo, lo cual se logró a partir del

momento en el cual la *causalidad* pasó a ser el foco de atención en el programa del Centro Internacional de Epistemología Genética.

En la segunda versión de la equilibración, además de eliminar la interpretación probabilista del equilibrio, Piaget introduce el innovativo modelo de interrelación entre los aportes del objeto y del sujeto, a través del doble círculo de observables y coordinaciones, representado en el diagrama que hemos reproducido antes. En esta versión aparecen claramente discernidos los factores exógenos y endógenos que entran en juego. De esta manera, la segunda versión otorga a los contenidos un rol significativo, con lo cual se hace entrar en escena a la causalidad.

La teoría puede interpretarse, entonces, como poniendo en evidencia que la construcción del conocimiento es el resultado de un equilibrio entre las formas de implicación lógica que utiliza el sujeto en sus inferencias, y las relaciones causales atribuibles a los objetos.

El significativo avance que se obtuvo en la segunda versión, con la introducción del rol de los contenidos en la equilibración, quedó sin embargo limitado porque se mantuvo el desbalance en el análisis contenido en la cita que hemos transcritto, según la cual “el aprendizaje de los contenidos está caracterizado por una equilibración continua”, mientras que las estructuras lógico-matemáticas “llegan a un equilibrio en forma permanente”.

La integración de la tríada (IaIrT) en la teoría de la equilibración permite dar cuenta de un hecho fundamental: aunque la lógica natural haya llegado a un nivel de equilibración, la incorporación de nuevos contenidos obliga a un continuo y nunca acabado proceso de re-equilibraciones. Ello permitiría dar nueva respuesta a temas recurrentes tales como:

1. Los desfases (“déalages”) en la conceptualización de contenidos aparentemente similares.

2. Las construcciones lógicas que continúan en nuevas estructuras más allá del “estadio de operaciones formales”. Así, por ejemplo, mientras que la lógica natural no prosigue su desarrollo indefinidamente, la Lógica como ciencia sí progresa indefinidamente.

3. Las diferencias en la evolución de los procesos constructivos con referencia a la especificidad de contenidos. La tríada

(laIrT) establece un mecanismo general que, precisamente, da cuenta de contenidos específicos.

Tercera versión de la equilibración

Creo que la obra *Psicogénesis e historia de la ciencia* [PHC], constituye, de hecho, una *tercera versión de la teoría de la equilibración*. En efecto, allí se retoma el problema de la dinámica de los procesos constructivos, pero en forma integral, es decir, considerando tanto la componente endógena, que conduce al desarrollo de las estructuras con las cuales el sujeto organiza su experiencia, como la componente exógena, que aporta los *contenidos* de dicha experiencia, y debe dar cuenta de las formas ya organizadas que se desarrollan hasta el nivel de las teorías científicas.

El objetivo central de [PHC] fue, desde el comienzo, mostrar que en el análisis del desarrollo histórico de diversas disciplinas científicas era posible establecer una correspondencia estrecha entre el pasaje de una a otra de las etapas que van conformando cada disciplina, y el pasaje de un estadio psicogenético a otro.

Este objetivo quedó claramente expresado en la Introducción donde enfatizamos que la idea central fue que en dichas etapas históricas la sucesión de cambios en las disciplinas “no se encadenan al azar, sino que cada una se ha hecho posible por las precedentes, y prepara las siguientes”. Por eso quedó establecido con precisión el objetivo de la obra:

La búsqueda de tales leyes de sucesión constituirá uno de los aspectos esenciales de nuestro ensayo, pero es aquí donde conviene precisar cuidadosamente los objetivos que perseguimos al comparar tales encadenamientos con los que se observan en el terreno de la psicogénesis: este objetivo no es, en modo alguno, poner en correspondencia las sucesiones de naturaleza histórica con aquellas que revelan los análisis psicogenéticos, destacando los contenidos. Se trata, por el contrario, de un objetivo enteramente diferente: mostrar que los mecanismos de pasaje de un período histórico al siguiente son análogos a los pasajes de un estadio psicogenético al estadio siguiente.¹⁹

La obra mostró, en efecto, que los *mecanismos de pasaje* son comunes a la psicogénesis y a la historia de la ciencia. La conclusión fue que había dos grandes mecanismos generales “que no son sino una misma cosa en cuanto a su significación general: el pasaje del intra- al inter-, y de allí al trans-, por una parte y, por otra, el mecanismo general de equilibración”, con el agregado de que “en lo que concierne al primero, ha resultado ser el más general de los aspectos comunes a la psicogénesis y a la historia de la ciencia” (pp. 250-51 de la edición en español; p. 302 de la edición francesa).

La redacción de ese libro concluyó poco antes del deceso de Piaget. El tema de los *mecanismos comunes* entre la psicogénesis y la historia de la ciencia puede ser retomado ahora dentro de la reformulación de la teoría constructivista que estoy proponiendo en la presente obra. La clave está en la cita precedente, con referencia a los “dos grandes mecanismos generales”, cuando se afirma que *no son sino una misma cosa*. “Ser la misma cosa” quiere decir que la tríada (IaIrT) debe ser considerada como parte de la teoría de la equilibración, lo cual significa que *los contenidos*, a los que se refieren los sistemas de relaciones expresados por la tríada en cada dominio conceptual específico, pasan a ser objeto de los procesos de equilibración.

De esta manera se llena lo que aparecía como una laguna en las dos versiones de la teoría, en tanto en ambos casos se tomaban en consideración solamente las estructuras y los estados estructurados, con total independencia de los contenidos específicos de las transformaciones a las cuales se refieren los términos de la tríada en cada caso particular. Por eso considero que se trata de una tercera versión de la teoría.

Ello me permite aclarar un punto importante que hoy considero expresado de manera equívoca (y con algunas extrapolaciones injustificadas) tanto en [PHC] como en [HLS]. En ambas obras se establece una “correspondencia” entre los estadios (preoperatorio, operaciones concretas y operaciones formales) y la tríada (IaIrT). Si se tratara simplemente de rebautizar los estadios (como ha sido frecuentemente interpretado), la tríada perdería su significación. Es necesario, por consiguiente, aclarar la situación.

Hablar de estadios y hablar de la tríada (IaIrT) significa cuatro cosas diferentes:

- pasar de una teoría descriptiva de la sucesión de formas organizativas (o estructuras) lógicas (o sea, los estadios) a una teoría de los procesos involucrados en la dinámica de la sucesión (los mecanismos de pasaje);

- pasar de la consideración de "formas" como tales (aunque ellas se hayan elaborado en interacción con contenidos) a una consideración de las interacciones entre formas y contenidos en un mismo proceso constructivo;

- poner de manifiesto que la descripción de los estadios independientemente de los procesos descritos por la tríada adquiere importancia, no porque representen procesos evolutivos autónomos con respecto a la tríada, sino porque el grado de estabilización del estadio final (operaciones formales) significa la conquista definitiva de la lógica natural del adulto;

- poner de manifiesto que en forma completamente análoga se estabilizan los conceptos de espacio y tiempo utilizados por los individuos adultos de cualquier cultura para organizar los fenómenos físicos (aunque no correspondan a un espacio euclídeo ni a un tiempo lineal);

- mostrar que la evolución paralela e interdependiente de formas y contenidos (estructuras lógico-matemáticas y teorías físicas) se mantiene hasta los más altos niveles de la ciencia, con predominio de unos u otras según los diferentes dominios de la realidad que se conceptualizan, aunque los desfases pueden ser muy pronunciados.

Con estas aclaraciones, creo necesario explicitar que la "correspondencia" entre estadios y la tríada significa solamente que en las estructuras de los tres estadios predominan, respectivamente, relaciones de tipo (Ia), (Ir) y (T) y que, por consiguiente, el pasaje del preoperatorio al estadio de operaciones concretas, y de allí a las operaciones formales, se realiza por los mismos mecanismos de pasaje $Ia \rightarrow Ir \rightarrow T$.

La significación epistemológica de la tríada (la única relevante para esta obra) es clara. Las consecuencias de este replanteo para la investigación psicológica necesitan de trabajos específicos que desgraciadamente quedaron pendientes a la muerte de Piaget.

Notas

¹ [EEG XXXIII].

² [EEG II], pp. 27 y 30.

³ Dugas (1959), cap. VI, p. 192.

⁴ [EEG II], p. 35.

⁵ [EEG II], pp. 40-41.

⁶ [EEG XIV], p. 317.

⁷ Whitehead (1925).

⁸ [FED], Conclusiones Generales.

⁹ El desarrollo que suele representarse como "un espiral" es en realidad helicoidal: es un vaivén hacia adelante y hacia atrás, pero cada retorno se realiza en otro plano.

¹⁰ Rolando García: Dialéctica, psicogénesis e historia de la ciencia, postfacio a *Las formas elementales de la dialéctica*.

¹¹ *Op. cit.* p. 212.

¹² Véase cap. 4.

¹³ El carácter dialéctico del pensamiento piagetiano se puso de manifiesto desde sus primeros estudios psicogenéticos. Sin embargo, pasó casi inadvertido, debido a su centración en las estructuras y a que sus referencias a la dialéctica, anteriores a [FED], fueron siempre tangenciales.

¹⁴ Véase, más adelante, la influencia que tuvo la termodinámica de procesos irreversibles en la explicación de los estados estacionarios.

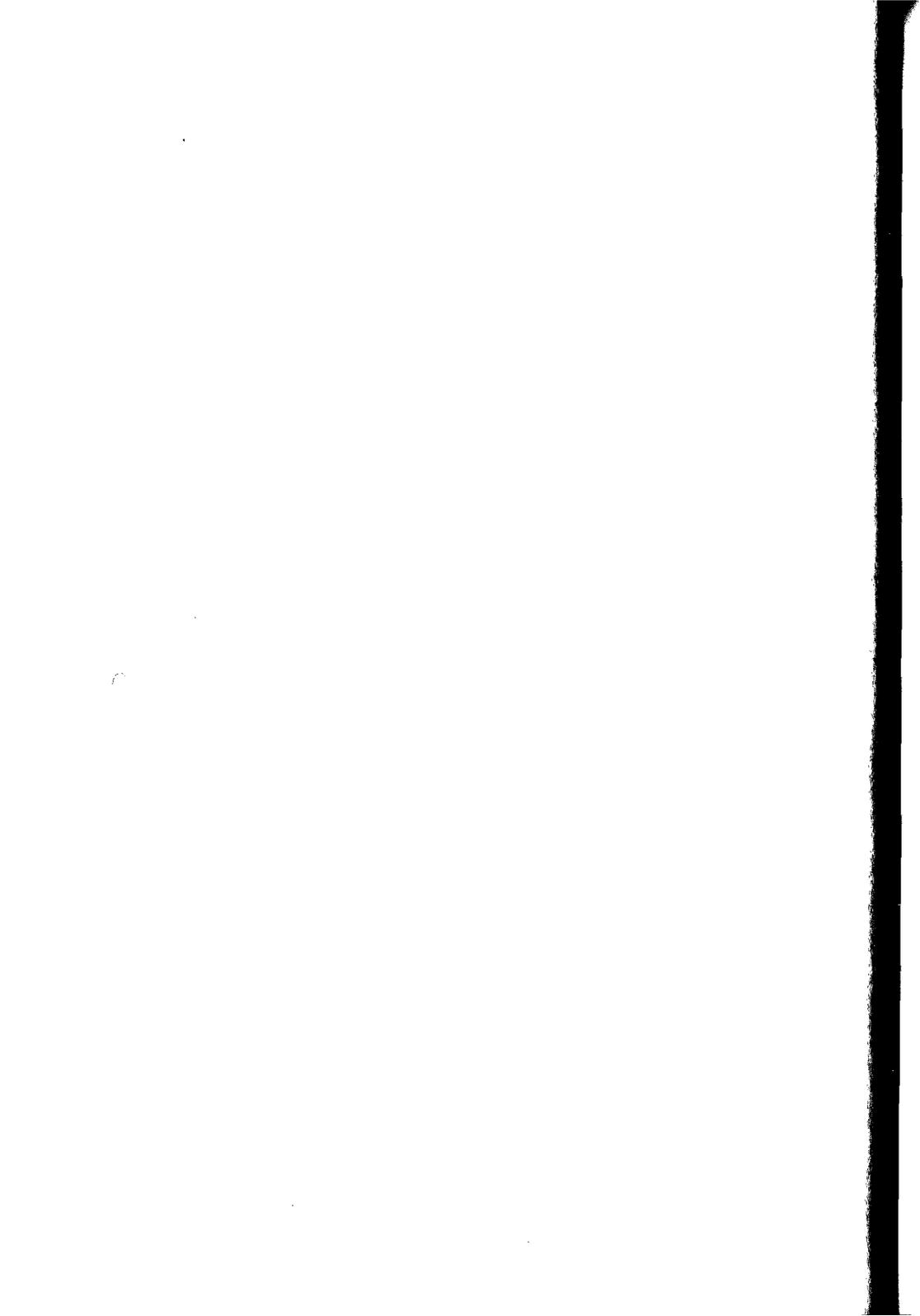
¹⁵ [PHC], pp. 159-160.

¹⁶ Se trata de objetos con contornos sinuosos pero con una estructura tal que al magnificar cada fracción del contorno aparece la misma configuración del total. La geometría de esos contornos se llama geometría fractal.

¹⁷ En [PHC] hemos analizado ejemplos tomados de la historia de la ciencia y de las investigaciones psicogenéticas. Véanse, en particular, las Conclusiones de los capítulos 3 y 5, referidas al desarrollo de la Geometría y del Álgebra, que fueron los "estudios de caso" a partir de los cuales se generó esta parte de la teoría epistemológica.

¹⁸ [EEG VII], p. 50

¹⁹ Página 33 de la 4ª edición en español.



TERCERA PARTE

**LA CONSTRUCCION DE
LA CIENCIA**

Capítulos 6, 7 y 8



6

Sociogénesis del conocimiento científico

En la Segunda Parte (capítulos 4 y 5) he tratado los procesos constructivos del conocimiento, circunscribiéndome a la *actividad mental o psicológica, es decir, aquella que es intrínseca* del sistema C (considerado como subsistema de Σ). En el capítulo 3 señalé que la comprensión integral de tal actividad requiere considerar también los otros dos subsistemas B (biológico) y S (social) cuyas interacciones con C fueron caracterizadas como “condiciones de contorno de C”.

En el presente capítulo será cuestión del subsistema S, tanto como de las condiciones de contorno resultantes de las interacciones C/S, focalizando la articulación entre ambos subsistemas al nivel de las conceptualizaciones y teorizaciones dentro del campo de la ciencia.

La historia de la ciencia como material empírico de base

El análisis de las relaciones ciencia-sociedad, en lo que respecta a las interacciones C/S, no es simple ni directo, cuando se trata de la influencia que pudo tener el contexto socio-cultural en el desarrollo de las teorías científicas. El estudio debe necesariamente realizarse en un contexto histórico. El recurso a la historia de la ciencia es ineludible. Pero ¿qué tipo de historia de la ciencia?

En una de sus primeras obras científicas,¹ Bertrand Russell comienza la Introducción con una de las agudas observaciones características de su estilo: "La Historia de la Filosofía tiene dos objetivos, uno es histórico y el otro filosófico. De aquí resulta, que cuando vamos a buscar *Historia de la Filosofía*, nos encontramos con *Historia y Filosofía*". La situación se suele presentar de la misma manera en las historias de la ciencia. Quizá por esa razón, Piaget introdujo la expresión "análisis histórico-crítico de la ciencia" para designar con más precisión el tipo de material histórico que se requiere como material empírico para un análisis epistemológico del desarrollo del conocimiento científico. En este caso no nos interesa lo que podríamos llamar "crónicas" de la ciencia (*quién hizo qué y cuándo, quiénes fueron los precursores*). Tampoco es suficiente con mencionar los hechos socio-culturales o los procesos económicos y políticos que fueron contemporáneos.

En el capítulo 2 hemos hecho referencia al método retroductivo, preconizado por Pierce, y a su aplicación en las investigaciones psicogenéticas, mostrando cómo fue necesario estudiar las etapas más elementales del desarrollo infantil para poder comprender la formación de los mecanismos cognoscitivos. De la misma manera, en el estudio de las interacciones C/S al nivel del conocimiento científico, resulta esclarecedor retrotraer el análisis hasta los comienzos mismos de tipos de actividades que, en el desarrollo histórico, llegan a poder catalogarse como "científicas". Aquí también, como en la psicogénesis, no son suficientes estudios lineales de casos singulares. Es imprescindible estudiar comparativamente las características propias que esos procesos adquirieron en diversas civilizaciones y en diversos contextos socio-culturales, tal como se reflejan en el material histórico disponible, no obstante las limitaciones (que muchas veces se tornan insalvables) que hacen difíciles las comparaciones.

La interpretación de ese material histórico constituye la *base empírica* a partir de la cual podemos *inferir* hasta dónde un contexto socio-cultural, económico, político o religioso ha condicionado aquel tipo de actividades que *retroductivamente* podemos identificar como gérmenes de lo que subsiguientemente puede calificarse como científicas y que designaremos como "protociencia".

Empirismo vs ciencia empírica

Nos hemos referido a ese material histórico como *base empírica* y esto nos obliga a establecer una distinción importante entre “empirismo” y “ciencia empírica”, términos que suelen usarse indiscriminadamente como intercambiables, lo cual introduce frecuentes confusiones en los trabajos históricos referentes al tema que estamos considerando. En su estricto sentido epistemológico, el término “empirismo” se aplica a la fundamentación del conocimiento sobre la única base de los *datos sensoriales* considerados como “la fuente primera y el juez último de todo conocimiento”, según la formulación de Reichenbach (citada en el capítulo 1). Sin embargo, la expresión “ciencia empírica” se utilizó originariamente (siglo xiv) referida a la medicina (“medicina empírica”) basada en resultados de la “experiencia”, es decir, en la observación y la experimentación, sin conocimiento científico. Posteriormente se generalizó el uso del calificativo “empírico” para referirse (a veces en forma peyorativa) a todo conocimiento basado en la observación de hechos o eventos aceptados como evidentes para el “sentido común”.²

Las historias de la ciencia en las cuales se analiza el surgimiento de las disciplinas, excepto en el caso de aquellas que son puramente formales (en los dominios de la lógica y las matemáticas) comienzan con datos empíricos en el sentido de esos hechos o eventos *aceptados como tales por el sentido común*. Cada disciplina se constituyó con referencia a un dominio de fenómenos donde se identificaron o caracterizaron objetos, hechos, eventos o situaciones dadas en la experiencia inmediata. Sin embargo, comenzar con observaciones, descripciones o mediciones no permite catalogar una investigación como empirista en un sentido epistemológico. El *investigador* sería catalogado como empirista si mantiene, explícita o implícitamente, que las observaciones o mediciones que realiza son analizables de tal manera que se puede rastrear su contenido hasta mostrar que provienen de constataciones directas con *datos sensoriales “puros”* o con percepciones que resultan de asociaciones y coordinaciones de tales datos.

Ningún científico, a menos que esté haciendo investigación epistemológica, realiza tal tipo de reducción de los concep-

tos que utiliza a datos sensoriales. Sin embargo, quien utiliza en sus investigaciones datos, sea de observaciones directas o de registros instrumentales, o bien provenientes de encuestas, estadísticas o registros históricos, suele ser considerado "empirista". Como epistemólogos, mantendremos este último término en su acepción estricta y, en contraposición, designaremos la actividad que hacen tales investigadores como "ciencia empírica" o "investigaciones empíricas".

El nudo de las ambigüedades en el uso de tales expresiones está en el significado del término "experiencia". En el lenguaje corriente, el término puede tener dos sentidos: puede significar la observación de hechos o eventos considerados como fuente de conocimiento, o bien el conocimiento de las cosas adquirido por la práctica. En ambos casos, no se hace referencia alguna al nivel de las sensaciones como fuente última del conocimiento, sino que se trata de la aceptación *a-crítica* de niveles de observación y experimentación que, como hemos visto, conllevan un alto grado de interpretaciones ya incorporadas a la percepción de la realidad. Esas "percepciones" que involucran interpretaciones *muy elaboradas* (pero raramente explicitadas) son los elementos que constituyen la "experiencia" a la cual se refiere la "observación de hechos y eventos" antes mencionada, y es el material de base que debemos analizar desde nuestra perspectiva epistemológica.

El tema presenta gran interés porque constituye la puerta de entrada de la exploración de uno de los aspectos más importantes para la comprensión del papel que han jugado los factores histórico-sociales en el análisis retroductivo de la construcción del conocimiento. Enfocaremos inicialmente el análisis en las antiguas civilizaciones de las cuales se ha encontrado material documental suficiente para caracterizar lo que hemos llamado *protociencia*.

El marco epistémico

Sin embargo, para poder identificar los procesos formativos al nivel de la protociencia no es suficiente con el estudio por separado de una civilización o de una cultura dada, sino que se requieren necesariamente estudios comparativos. Por otra parte, no se trata de comparar aspectos puntuales o temas

aislados de historia de la ciencia en diversos países o regiones, ni de contar y comparar el número de descubrimientos. La evaluación de tales procesos sólo adquiere pleno sentido en el contexto socio-económico-cultural de cada país o región. Needham se refirió adecuadamente a dichos contextos como “los sistemas de pensamiento que sirvieron de matrices para los descubrimientos”.³ Estos “sistemas de pensamiento” corresponden en cierta medida a lo que en alemán se llama *Weltanschauung* (véase capítulo 7), o más precisamente a lo que hemos llamado en otra obra “marco epistémico”.⁴ Esta expresión, que también utilizaré luego para analizar los cambios que han tenido lugar históricamente en la ciencia, representa un sistema de pensamiento, rara vez explicitado, que permea las concepciones de la época en una cultura dada y condiciona el tipo de teorizaciones que van surgiendo en diversos campos del conocimiento. Cambios muy significativos de marco epistémico marcan grandes épocas históricas. No se originan en las teorías que contemplan aspectos particulares de las disciplinas, aunque sí pueden aparecer como una resultante de un cambio profundo en la concepción de las disciplinas, como se verá con algunos ejemplos a lo largo de este capítulo.

La delimitación de un cambio de marco epistémico en un análisis histórico no es simple ni inmediata, por cuanto es necesario distinguir diversos grados o niveles en los cambios de dirección de las teorizaciones dentro de las disciplinas o que caracterizan a culturas o civilizaciones particulares. Pero es ineludible una cierta indefinición de límites geográficos y temporales, de manera análoga a lo que ocurre con los términos “cultura” y “civilización”. Hay que tener en cuenta, a este respecto, que un marco epistémico *condiciona* las teorizaciones en diversas disciplinas, pero *no determina su contenido*. Orienta y modula los marcos conceptuales, pero no los especifica. Dentro de un marco epistémico caben una multiplicidad de *marcos conceptuales*, y aun marcos conceptuales mutuamente contradictorios. Muchas veces, los cambios de dirección *en teorías particulares dentro de una disciplina* obedecen a cambios de marcos conceptuales que no modifican necesariamente los aspectos epistémicos de base, y por consiguiente no alteran las conceptualizaciones en otros sectores de la propia disciplina, ni menos aún en otras disciplinas.

Contexto histórico y marco epistémico

Luego de estas consideraciones, retornemos a la caracterización de lo que hemos llamado la protociencia que surgió en la civilización china.

Los profundos estudios de Needham y sus equipos de colaboradores chinos y europeos han transformado completamente la imagen que se tenía de la civilización china, y que prevaleció hasta mediados del siglo xx. Allí donde se presentaban conjuntos de “supersticiones”, como manifestaciones de lo que se dio en llamar “el pensamiento primitivo”, las investigaciones sacaron a luz concepciones filosóficas y científicas, así como desarrollos tecnológicos, que en muchos sentidos superaban la cultura europea, por lo menos hasta el período del Renacimiento y de la Revolución Científica de los siglos xvi y xvii.

Como lo ha señalado J. Needham en su obra monumental⁵ en la cual relaciona el desarrollo de la ciencia china con el contexto social, filosófico y religioso, el taoísmo emerge en el llamado “Período de los Estados Combatientes” que cubre los siglos iv y iii a. C. (del calendario occidental), y es considerado el período clásico de la filosofía china. Es un período de gran desarrollo cultural e intelectual, con algunas características muy similares a los procesos que tuvieron lugar en Occidente durante la misma época. Para mencionar sólo un hecho singular representativo, podemos citar la fundación de la *Academia Chi-Hsia* (Academia de La Puerta de Chi) en el año 318 a. C., que se ubica unos treinta años después de la *Academia Platónica* (sin que existan indicios de influencias entre ambas).

El Estado de Chi que albergó a dicha Academia (la más famosa de las academias chinas de la época, pero no la única) surgió como estado dominante entre los 25 feudos constituidos con la *disolución del Imperio*. Su hegemonía se basó en el control de la producción de sal (la cual fue nacionalizada) y en la elaboración del hierro que provoca una revolución tecnológica sin precedentes en la producción agrícola e industrial. Esto condujo a una incipiente economía monetaria que sustituiría como fuente de riqueza y de poder a la propiedad de la tierra. Sobre esas bases se creó el clima propicio para una transformación social que incluyó el desarrollo de las clases sociales (burocrática, mercantil y artesanal). En ese nuevo contexto socio-económico floreció lo que se considera como la Edad

Clásica de la cultura china. Allí se desarrolló el taoísmo, con un tipo de pensamiento religioso, filosófico y político que difirió notablemente de las doctrinas precedentes de Confucio, y que estuvo orientado hacia el estudio de la Naturaleza.

La concepción de la Naturaleza que desarrolló el taoísmo se desprende de su concepción general del Cosmos, y ha sido el factor determinante de las características peculiares que tuvo la ciencia china, en contraposición con la ciencia occidental. La monumental obra publicada por J. Needham constituye la más valiosa fuente de información para nuestro análisis. De allí hemos extraído fundamentalmente la imagen del taoísmo que expondremos aquí. Sin embargo, la explicación (que el propio Needham admite ser tentativa y limitada) sobre las razones por las cuales no tuvo lugar en China la revolución científica que generó la ciencia moderna en Occidente, si bien toma adecuadamente en cuenta los factores sociológicos y económicos que conformaron el sistema de pensamiento que se generó en China, resulta incompleta, como procederé a demostrar.

El problema tiene raíces más profundas, y requiere un análisis epistemológico de la manera en que dicho sistema condicionó el tipo de ciencia que allí se desarrolló. Para aclarar este punto debo retomar el concepto de marco epistémico y aplicarlo al caso específico de las concepciones del taoísmo.

Desde la perspectiva constructivista, las concepciones del mundo y de la sociedad que se generaron en un contexto histórico como el que describe Needham (así como otros autores que concuerdan con su diagnóstico)⁶ no incidieron *directamente* en la dirección que tomó la ciencia china, promoviendo o inhibiendo ciertos desarrollos, sino en la medida en que constituyeron el marco epistémico que condicionó las características de las conceptualizaciones y las actividades de carácter científico. El análisis debe, por consiguiente, tomar en cuenta tres componentes que podemos esquematizar así:

Factores socio-políticos y filosófico-religiosos



Marco epistémico y cosmovisión resultante



Concepción de la Naturaleza y tipo de preguntas que se formulan para su estudio.

(Véase el Apéndice a este capítulo.)

Para los objetivos de este capítulo, he tomado como base la caracterización que hace Needham⁷ de los factores que entran en la primera componente, a la cual me referiré *abreviadamente* como “componente social”. Su juicio es compartido en líneas generales por historiadores posteriores,⁸ con variantes que no tienen incidencia en nuestras conclusiones.

Organicismo y causalidad

Aceptando ese diagnóstico, nos centraremos, en primer término, en “la cosmovisión resultante”.⁹ Las concepciones taoístas sobre el mundo tienen como base un principio de *unidad* del universo: la unidad del Cielo y de la Tierra, así como del mundo físico y de la sociedad. Esa unidad no es un agregado de componentes, sino una *totalidad organizada*. Pero a diferencia de la concepción occidental, tal organización no es el fruto de un legislador celestial, sino que surge de la naturaleza misma del universo. Los elementos que componen el universo no están donde están, ni se comportan como se comportan, por la acción de elementos externos, ni obedeciendo a leyes generales, sino por su capacidad intrínseca. Hay, si se quiere, una idea de ley implícita en esta concepción del mundo, pero que no corresponde al concepto occidental de “ley natural”, puesto que involucra una noción diferente de causalidad. Si las partes de la totalidad se comportaran de manera distinta de como lo hacen, perderían sus posiciones relacionales dentro del todo y se transformarían en algo distinto de lo que son. El modelo de un organismo biológico está claramente presente y va a condicionar el desarrollo de la ciencia china, en la cual la idea de sucesión causal de eventos cede paso a la concepción de interdependencia de las partes en una totalidad organizada. Ningún órgano, por sí mismo, es “causa” del funcionamiento de otro órgano.

Esta concepción *organicista* del universo tiene importantes implicaciones de carácter epistemológico y metodológico. Las “partes” de un “todo”, sea este un organismo biológico o la totalidad del Universo, actúan en función de sus *relaciones organizacionales*, y es a partir de ellas que se dan los fenómenos particulares. Cabe señalar al respecto las divergencias con

la noción de causalidad, y en particular el concepto de “causa”, que caracterizó en Occidente a la Filosofía Natural surgida de la revolución newtoniana.

El rechazo de la idea de una relación directa de *la causa* con *el efecto*, podría explicar por lo menos parcialmente que la lógica formal no se haya desarrollado en China. El entrelazamiento de factores múltiples que concurren en una situación dada establece un juego de reforzamientos y contraposiciones que está expresada en forma muy gráfica en el siguiente párrafo de dos comentaristas (del siglo III) del Chuang Tzu:¹⁰

Las manos y los pies difieren en lo que pueden hacer, las cinco vísceras difieren en sus funciones. No hay nunca asociación entre ellas, y sin embargo las cien partes del organismo se mantienen juntas con ellas en una unidad común. De esta manera se asocian en no-asociación. Ellas nunca se esfuerzan en cooperar, y sin embargo, internamente y externamente, se completan entre sí. Esta es la forma en que ellas cooperan en la no-cooperación (...) Los cielos y la tierra constituyen tal organismo vivo.¹¹

En esta cita, la descripción de cómo funciona un organismo conduce directamente a plantear una *relación dialéctica* de las partes, que está más explícita en otro párrafo del texto, del cual Fen Yu-Lan comenta su carácter “sorprendentemente reminiscente de la dialéctica de Hegel”:

No hay dos cosas bajo el firmamento que no tengan la relación mutua del “uno” y el “otro”. Pero tanto el “uno” como el “otro” desean actuar por sí mismos y así se oponen entre sí tan fuertemente como el este y el oeste. Por otra parte, el “uno” y el “otro” tienen al mismo tiempo la relación mutua de los labios y los dientes. Los labios y los dientes nunca actúan (deliberadamente) uno por el otro... (sin embargo) la acción del “otro” actuando por sí mismo ayuda al mismo tiempo al “uno”. De esta manera, aunque se oponen mutuamente, son incapaces de negarse mutuamente.¹²

Los dos aspectos que hemos señalado —el organismo y la concepción dialéctica de las interrelaciones entre las partes de una totalidad organizada—, configuran el marco epistémico en

el cual se desenvuelve el pensamiento chino, y van a determinar las características diferenciales de la ciencia china con respecto a la ciencia que se desarrolló en Occidente a partir del Renacimiento.

La concepción del mundo de los taoístas vs la concepción aristotélico-tomista

Para fijar las ideas tomaré un ejemplo específico: el contraste entre la concepción de la materia en el taoísmo chino que se desarrolla en el período de los reinos combatientes (-480/-221), y en la escuela aristotélica. Las diferencias y las transformaciones en la materia que constituye el mundo que nos rodea se van a explicar en China y en Grecia con teorías aparentemente similares que surgen casi en forma paralela.

Con los filósofos presocráticos de Grecia, a partir de Empédocles, surge la teoría de los cuatro elementos (Tierra, Agua, Aire, Fuego), que será retomada por Aristóteles y perdurará durante toda la Edad Media. En China, la idea de que todo el mundo material se compone de cinco elementos básicos parece ser muy antigua, pero se estabiliza en el siglo IV a.C. Aquí los elementos son: Tierra, Agua, Madera, Metal y Fuego.¹³

Aparentemente estamos ante dos “reduccionismos ontológicos” muy similares que difieren sólo en el número y el tipo de elementos básicos que componen el mundo físico. Ambos sostienen que “la realidad es así”: toda la materia que hay en el mundo se compone de esas mismas cuatro o cinco sustancias.

Sin embargo, *no afirman lo mismo*: estas dos teorías son diferentes y conducen a dos formas muy distintas de reduccionismo. Para poner en evidencia estas diferencias conviene reflexionar sobre la concepción del mundo de los taoístas, en contraposición con el mundo aristotélico-tomista dominante en el pensamiento occidental hasta la Revolución Científica. Los filósofos del *Tao de la Naturaleza* conciben al mundo, como hemos mencionado, como un gran organismo en el cual cada fenómeno está ligado a todos los otros, de una manera ordenada. Pero hay en ellos *niveles de organización*. Los cinco elementos no son cinco sustancias fundamentales, pasivas e inmóviles, como en Grecia, sino que se trata de cinco tipos de

procesos gobernados por cinco poderosas fuerzas en un constante *fluir* y cuyas propiedades sólo se manifiestan a través del cambio.

En Aristóteles los cuatro elementos son sustancias fijas. También hay cambio, en tanto admite génesis y destrucción, pero en todas las transformaciones los elementos permanecen fundamentalmente idénticos.

Las dos concepciones de la materia —china y griega— contienen ya las características diferenciales entre “el sistema de pensamiento” chino y “el sistema de pensamiento” occidental. El hecho extraordinario es que toda la historia del pensamiento quedó condicionada (repito: condicionada, no determinada) por ambos sistemas. Se trata de una historia en la cual los dos sistemas de pensamiento condujeron, en el desarrollo de la ciencia, a resultados muy diferentes, pero con alternativas que han desconcertado a los historiadores. China mantuvo una clara ventaja, durante siglos, en el campo científico-tecnológico. Sin embargo, a partir del Renacimiento (con sus raíces prerrenacentistas) la historia de Europa cambió su fisonomía y tanto la ciencia como la tecnología occidentales se distanciaron del Oriente de manera irreversible. Diversos movimientos de carácter tanto social, económico y político, como religioso y filosófico, contribuyeron desde distintos ángulos y con inéditas interacciones al surgimiento de la Revolución Científica que culminó con Newton en el siglo xvii y que caracteriza lo que llamamos la “ciencia moderna”.

Nada similar ocurrió en Oriente, y allí se abrió una brecha que se fue profundizando. Esto hace necesario responder a la pregunta que se han hecho los historiadores, y que el propio Needham formula en estos términos: “¿Por qué la ciencia moderna, en tanto que se puede oponer a la ciencia antigua y medieval, sólo se ha desarrollado en el mundo occidental?”. Needham da a esta pregunta una respuesta, compartida por diversos autores, en términos de diferencias de trayectorias socio-económicas y políticas. Estos factores socio-económicos tienen, sin duda, mucho peso y no pueden omitirse en el análisis, pero ellos sólo explican parte de la historia. La necesidad de buscar una respuesta a esa interrogante no está generada por una mera curiosidad histórica sobre algo que ocurrió en el siglo xvii; se trata de un tema de importancia

capital, sobre un problema aún vigente y que *involucra los aspectos más profundos de la teoría del conocimiento*.

Organicismo vs mecanicismo

Para justificar la afirmación precedente me veré obligado a analizar brevemente la génesis y el desarrollo de la Revolución Científica en Occidente, saltando aspectos muy importantes para ir al meollo del problema.

Entre los factores más significativos que permitieron el gran cambio de rumbo que tuvo lugar en el siglo xvii en la historia del pensamiento europeo, la interpretación que voy a proponer asigna un peso preponderante a la Reforma de la Iglesia. No me refiero a la ética puritana a la cual Max Weber dio tanta preeminencia. Sin intentar restarle méritos al análisis weberiano, y aceptando, por el contrario, que el factor que él priorizó, jugó un papel que debe de tomarse en cuenta, creo que el eje fundamental del "sistema de pensamiento" que se genera en ese período, estuvo en otro lado.

El aporte del protestantismo consistió, desde mi perspectiva, en generar una nueva forma de filosofía que se llamó la *Filosofía Natural*, cuyo máximo impacto residió en la introducción del concepto de *ley natural*. En efecto, en el nuevo marco epistémico que emerge con la Reforma, en el seno mismo del cristianismo, ya no hay un Dios arbitrario que decide sobre *el curso particular de cada fenómeno*, ni hay regiones del Universo que le esté vedado al ser humano investigar libremente.

Para el protestantismo que gobernó la Inglaterra del siglo xvii, Dios creó el mundo y le impuso las leyes que rigen los fenómenos. Estas leyes podían ser estudiadas por el hombre, sin intermediación de la teología. Ese fue el gran cambio de actitud frente al mundo, en marcado contraste con la Iglesia que condenó a Galileo. El más eminente de los newtonianos, Robert Boyle, lo enuncia de manera tajante. "No sólo le está permitido al ser humano investigar las leyes de la Naturaleza —dirá Boyle una y otra vez—, sino que es su obligación hacerlo para que todos tomemos conciencia de la grandeza de Dios y de la armonía de la Naturaleza."

Por primera vez el Universo queda abierto a la investigación y por primera vez aparece en la historia de Occidente el

concepto de “ley” aplicado a fenómenos naturales, que luego se extenderá a la sociedad en su conjunto y, en particular, a la economía. Hasta entonces el concepto de ley sólo se utilizaba en un contexto moral o jurídico. Fue a través de las *Philosophical Transactions* de la Royal Society que la noción de *ley de la Naturaleza* adquirió ciudadanía de concepto científico. Y esto ocurrió en el año de 1666.

Todo el siglo XVIII europeo y gran parte del XIX estuvieron dominados por esta nueva concepción del hombre frente a la Naturaleza. La investigación no consistió solamente en *cómo* es la Naturaleza, sino en *cómo funciona*. Y el “cómo funciona” lo explican las leyes contenidas en la teoría de Newton. El reduccionismo *ontológico* es reemplazado por un reduccionismo en el cual las *leyes* de Newton lo explican todo, y que podemos llamar reduccionismo *nomológico*. Tan fuerte será el dominio de este reduccionismo que dos de las más prominentes figuras del siglo XIX, Lord Kelvin y Von Helmholtz —uno de Inglaterra y otro de Alemania— harán pronunciamientos similares: “ninguna teoría es aceptable como científica si no es formulada en términos de la teoría de Newton”.

Oriente en general, y China en particular, no pudieron seguir ese camino. Las características de la concepción organicista del Universo generaron un marco epistémico que cerró a Oriente la posibilidad de seguir el camino de Occidente. La ruta abierta por su concepción del mundo fue otra. Ni errónea, ni despreciable, como suelen presentarla en Occidente las historias de la ciencia, sino *limitada*. En la raíz de las limitaciones reside un problema epistemológico que ha tenido importantes repercusiones en la historia, y que a mi juicio sólo podemos dilucidar sobre la base de la epistemología constructivista, aunque Piaget nunca se haya ocupado del tema que estoy tratando.

En la concepción taoísta, el organismo, como una totalidad, es asiento de procesos resultantes de relaciones cambiantes entre “elementos” que son a su vez subtotalidades. Sin embargo, aun cuando usan, como en Occidente, el término “elemento”, su sentido es diferente. Para el taoísmo los elementos no son entidades estáticas: su “individualidad” consiste en ser nudo de confluencias de relaciones. Esta concepción presenta un marcado contraste con el mecanicismo newtoniano

en el cual las totalidades están constituidas por elementos con individualidad propia, y los fenómenos son resultado de las relaciones entre tales elementos. Comprender un organismo exige una actitud mental diferente de la que se requiere para explicar los fenómenos como resultado de atracciones y repulsiones entre cuerpos, y esta concepción de totalidades orgánicas constituyó un marco epistémico que condujo a un *reduccionismo organicista*: en la realidad *todo* es cambiante, *todos* son procesos, no hay relaciones estáticas. Aquí está la raíz de la *dialéctica* característica del pensamiento taoísta al cual ya nos hemos referido.

También en la India, la escuela de budismo llamada "negativista", con Nagarjuna y su discípulo Aryadeva como líderes, desarrolló el sistema Madyamika, que se llamó "lógica de la contradicción". Stcherbasky (quien fue Director del importante Instituto de Estudios Orientales de la Academia de Ciencias de la Unión Soviética) consideró a Nagarjuna como predecesor de Hegel.¹⁴

La concomitancia de pensadores occidentales con el organicismo taoísta no es casual. La ciencia que surgió de la revolución científica europea fue exportada a China, pero los jesuitas que llevaron a Galileo y Newton a las tierras de Confucio y del Tao *trajeron de regreso sus doctrinas*. Tres de ellos, Mateo Ricci, Grimaldi y Bouvert, tuvieron fuerte influencia sobre Leibniz y esta influencia no parece ser ajena al hecho de que Leibniz sea el primer filósofo occidental con una concepción organicista del mundo. Pero Leibniz no fue una figura solitaria en el siglo XVII. Los platónicos de Cambridge mantuvieron también una posición organicista, muy impregnada de la concepción de un organismo biológico.

La gran diferencia de marcos epistémicos entre el organicismo y el mecanicismo quedó claramente evidenciada en la famosa polémica que sostuvieron Leibniz y Newton acerca de la naturaleza del espacio. Newton, cuyas cualidades personales distaban mucho de sus cualidades como genio científico, no enfrentó a Leibniz sino que se hizo representar por Clarke. Para Newton había un espacio absoluto representable por puntos que podían a veces estar ocupados por un trozo de materia, y luego por otro, o permanecer "vacíos", es decir, sin ninguna materia que los ocupara. Leibniz, por el contrario, sostenía que

el espacio era sólo un sistema de relaciones entre puntos materiales. La física se desarrolló con las ideas de Newton. Pero la concepción del espacio que introdujo la Teoría General de la Relatividad en el siglo xx es más leibniziana que newtoniana. Leibniz resultó tener razón. Sin embargo, el espectacular desarrollo científico del siglo xviii y el dominio absoluto que tuvo el pensamiento newtoniano, como ya hemos mencionado, dio un completo triunfo al mecanicismo sobre el organicismo.

Lógica dialéctica y dialéctica de la lógica

Retornemos a la dialéctica. He mencionado que el reduccionismo organicista condujo a un pensamiento dialéctico, pero debe aclararse que la dialéctica taoísta, en el ejemplo que hemos dado (Fen Yu-Lan, nota número 13) no tiene que ver con la concepción griega de dialéctica referida a la discusión por la vía del diálogo.

En Occidente la filosofía dialéctica arranca con Kant, pero la figura central es Hegel y la culminación está en el materialismo dialéctico de Marx y Engels. En su *Historia de la filosofía occidental*,¹⁵ Bertrand Russell se expresa así sobre Hegel:

Su influencia, aunque ahora es decreciente ha sido muy grande. A fines del siglo xix, los principales filósofos académicos, tanto en América como en Gran Bretaña, fueron mayormente hegelianos. Fuera de la filosofía pura, muchos teólogos protestantes adoptaron sus doctrinas, y su filosofía de la historia afectó profundamente la teoría política. Marx, como todos saben, fue discípulo de Hegel en su juventud, y retuvo en su sistema final algunas características hegelianas importantes.¹⁶

Pero Russell no pudo con su genio sarcástico y al referirse a la *Filosofía de la Historia* de Hegel afirma:

Como otras teorías históricas requiere, para ser plausible, alguna distorsión de los hechos y una considerable ignorancia. Hegel, como Marx y luego Spengler, poseían estas dos calificaciones.¹⁷

El desprecio de Russell por la Filosofía de Hegel y de Marx, reiteradamente expresado, ha sido compartido por la mayor

parte de los intelectuales occidentales, y ha dado lugar a grandes polémicas. Independientemente de las connotaciones políticas, el centro de la disputa ha sido la dialéctica. Y este es un tema que no podemos ignorar los constructivistas, y al cual nos hemos referido en el capítulo 5.

La razón de ese rechazo generalizado de la dialéctica en Occidente —particularmente entre los científicos— es claramente comprensible. Hegel, y el materialismo dialéctico tras de él, se aferraron a una versión de la dialéctica que resultó insostenible, que no puede considerarse en modo alguno como representativa de la historia del pensamiento dialéctico, y que quedó sintetizada en un estereotipo expresado en la fórmula hegeliana según la cual toda existencia, toda idea, toda institución, sigue una marcha en tres etapas de acuerdo con la tríada: tesis (afirmación), antítesis (negación) y síntesis (negación de la negación).

No es necesario detenernos a refutar este estereotipo, pero el siguiente paso que se dio sí nos exige un análisis, porque consistió nada menos que en sostener que *debería haber una lógica de la dialéctica que regiría los pasos dialécticos y que sería diferente de la lógica formal aplicable sólo a relaciones estáticas.*

La búsqueda de una "lógica dialéctica" fue una preocupación que adquirió contornos dramáticos en la Unión Soviética. Digo que adquirió contornos dramáticos porque detrás de ese empeño en buscar una sólida base lógica para la dialéctica estuvo la decisión absurda de abolir la lógica formal en las universidades de la URSS, decisión basada en el sueño de Marx —compartido por los académicos soviéticos— de lograr una lógica dialéctica. De este sueño despertaron cuando en Princeton se puso en operación la primera computadora electrónica. (El susto que tuvieron los académicos de Moscú sólo es comparable al susto que tuvieron, 21 años después, los académicos de Washington cuando apareció el primer Sputnik girando alrededor del planeta.) Al aparecer la computadora, la Unión Soviética reintrodujo rápidamente la lógica formal en sus estudios universitarios y se lanzaron a una carrera desesperada para recuperar el terreno perdido.

Sobre el tema de la posibilidad de una lógica dialéctica, Piaget pronunció uno de sus famosos *dictums* que condensaban todo un programa de investigación, y toda una posición

epistemológica: *“No hay una lógica dialéctica; pero sí hay una dialéctica de la lógica”*.

He dado todo este rodeo para dejar establecido que refutar la tríada hegeliana, y refutar la idea de una lógica dialéctica, no significa refutar la dialéctica, ni menos aún refutar el organicismo. Por otra parte, el pensamiento de Marx sobre la sociedad y sobre la historia, profundamente dialéctico, no está ligado a tales estereotipos.

El “triunfo” de la ciencia occidental

En este punto, voy a retomar la gran pregunta de Needham, cuya respuesta he dejado pendiente: ¿por qué China, que en el período correspondiente al Renacimiento occidental, había alcanzado tan alto nivel en ciencia y tecnología, no desarrolló luego lo que llamamos la *ciencia moderna*, es decir, no produjo un Galileo o un Newton? Aunque sea muy aventurado juntar dos cuestiones que parecen tan disímiles, y que corresponden a problemas planteados en épocas y culturas distintas, voy a permitirme el atrevimiento de vincular esta cuestión con el “fracaso” de Marx en lograr una epistemología dialéctica.

En ambos casos creo que está en juego el marco epistémico que he llamado “el credo organicista” el cual, llevado a un reduccionismo extremo, funcionó como “obstáculo epistemológico”, en el sentido de Gaston Bachelard. Los dos problemas podrían tener el mismo origen. Les corresponde, en tal caso, la misma respuesta. Se les hubiera podido decir, tanto a los taoístas como a Marx: “no todo en el Universo son procesos de cambio en sucesión continua; no todo se puede analizar en términos de relaciones dialécticas”. Y esta respuesta nos lleva directamente a una frase de Whitehead, sin duda el más importante de los filósofos contemporáneos que tomaron una posición organicista: *“Todo sistema de análisis de la Naturaleza debe enfrentar dos tipos de hechos: el cambio y la permanencia”*.¹⁸ Creo que esta es la más precisa y sintética formulación del problema. Oriente priorizó el cambio. Occidente la permanencia. Oriente centró el estudio en los procesos. Occidente en la materia y en sus estructuras.

La diferencia se pone en evidencia en el rumbo que tomó la Física en ambos casos. En Oriente no se estudiaron

partículas, sino lo que hoy llamamos “campos”. Los chinos descubren el magnetismo terrestre siglos antes que Occidente. Estudian el magnetismo, la acústica y la óptica. Por su parte, Occidente desarrolla la mecánica y estudia los movimientos como trayectorias de puntos, analizando las curvas que representan esas trayectorias. Las trayectorias con velocidad variable están en la base de la más importante creación matemática que sucedió a la geometría griega: el cálculo infinitesimal de Newton y Leibniz. Las relaciones que expresaban las leyes de la mecánica encontraron su formulación precisa en las ecuaciones diferenciales. La Física se matematizó y esa fue la base de los logros más espectaculares. Este tipo de estudios era inaccesible desde el marco epistémico organicista y tampoco era susceptible de un análisis dialéctico.

Este es el punto a partir del cual se bifurca la historia de la ciencia. La ciencia occidental seguirá derroteros inalcanzables para la ciencia oriental. El factor decisivo fue el rol que jugaron la lógica formal y la matematización, base de la supremacía indiscutible de la ciencia de occidente.

Pero allí no termina la historia, y la interpretación que propongo difiere profundamente de quienes, como Bertrand Russell, creyeron haber firmado el acta de defunción de la dialéctica. Por el contrario, considero que la oposición *dialéctica versus lógica formal* fue uno de los desencuentros más lamentables en la historia del pensamiento. Porque no se trata de una oposición entre términos antagónicos sino que ellos representan fases complementarias en todo desarrollo natural que procede por sucesivas reorganizaciones (véase el capítulo 5).

Si nos centramos ahora en nuestra ciencia occidental, que en todos los textos ha pasado a ser simplemente *la ciencia*, los grandes cambios conceptuales que tuvieron lugar desde la Edad Media hasta el siglo xx, pueden interpretarse como cambios de marcos epistémicos, tal como lo señalamos en el capítulo 9 de *Psicogénesis e historia de la ciencia*.

Sociología de la ciencia vs epistemología de la ciencia

En este punto es necesario establecer una clara distinción entre nuestro concepto de marco epistémico, con su incidencia

en la interpretación de los grandes cambios históricos que han tenido lugar en la concepción y desarrollo de la ciencia, y el concepto de paradigma que a partir de Kuhn se ha popularizado en los análisis filosóficos de la ciencia contemporánea. La posición de Kuhn ha sido una de las más analizadas y criticadas en la Filosofía de la Ciencia contemporánea,¹⁹ pero su concepto básico de paradigma se ha seguido manteniendo, pese a las frecuentes aclaraciones y correcciones de su autor. En líneas generales, para nuestro propósito de evitar toda confusión con el concepto de marco epistémico, es suficiente tomar como referencia de lo que ha prevalecido como conceptualización del término “paradigma” (sin por eso sobre-simplificar la teoría Kuhniana) la idea de “ciencia normal” sobre la cual Kuhn se ha explayado en numerosas oportunidades. En el último capítulo de la obra colectiva antes mencionada, con el título “Reflections on my Critics”, Kuhn sintetiza, en forma muy gráfica, su idea de ciencia normal como

el proceso acumulativo general por el cual las creencias (beliefs) de una comunidad científica son revestidas (fleshed out), articuladas y extendidas. Es lo que los científicos están preparados para hacer, y lo que la principal tradición en la filosofía de la ciencia en lengua inglesa hace provenir del examen de los trabajos ejemplares en los cuales tal formación está incorporada. (p. 250)

Kuhn considera que la ciencia normal entra en crisis con cambios revolucionarios en las ideas, cambios generalmente asociados a descubrimientos excepcionales o a la introducción de teorías innovadoras en algunas disciplinas o dominios particulares de conocimientos, pero no es inmediata la calificación de “normal” o “revolucionario” frente a un descubrimiento. Kuhn da numerosos ejemplos para aclarar ambos conceptos. Tomemos algunos de ellos:

La teoría de Ampère sobre los circuitos eléctricos fue revolucionaria porque separó los efectos electrostáticos de las corrientes eléctricas que estaban previamente conceptualmente unidos. La ley de Ohm fue nuevamente revolucionaria —y por consiguiente resistida, porque demandó una reintegración de conceptos que antes se aplicaban separadamente a la corriente y a la

carga. Por otra parte la ley Joule-Lenz que relaciona el calor generado en un cable con la resistencia y la corriente fue un producto de ciencia normal, porque tanto los efectos cualitativos como los conceptos que se requerían para la cuantificación estaban a la mano.

Dejaré para el capítulo 7 la evaluación de la posición de Kuhn en relación con la filosofía de la ciencia. La referencia a Kuhn en este capítulo sólo tiene el objetivo de separar netamente los conceptos que él utiliza, de la noción de marco epistémico. Brevemente: Kuhn intenta aclarar —y eso no lo discutimos aquí— cómo es la práctica de la ciencia, y en qué consisten los cambios (y la permanencia) *dentro* de las teorías científicas o en la sustitución de una teoría por otra.

Kuhn toma seriamente en cuenta que en el desarrollo de la ciencia no intervienen solamente individuos aislados:

La unidad analítica serían los practicantes de una especialidad, personas que están ligadas por elementos comunes en su educación y aprendizaje, conscientes de la labor de los otros y caracterizados por la relativa amplitud de su comunicación profesional y la relativa unanimidad de sus juicios profesionales. En las ciencias maduras, los miembros de tales comunidades se ven en general a sí mismos y son vistos por otros, como las personas exclusivamente responsables de un tema dado y un conjunto de objetivos dados, incluyendo la formación de sus sucesores. (...) Grupos como estos sugiero que deberían ser considerados como las unidades que producen el conocimiento científico. (p. 253)

En varias ocasiones, Kuhn hace amplias referencias al contexto social, pero ello no modifica lo que está en evidencia en las citas precedentes: las preocupaciones de Kuhn y sus respuestas a los problemas que se plantea con respecto al problema de la producción del conocimiento quedan en el campo de la *sociología del conocimiento*. Son muy pertinentes e importantes para la filosofía de la ciencia (tema del capítulo 7), pero soslayan *el problema epistemológico* que nos concierne en el presente capítulo. No pretendo sostener que haya una línea neta de separación entre la sociología de la ciencia y los problemas epistemológicos involucrados en la producción del

conocimiento científico, pero corresponde hacer el deslinde en cada temática específica.

En el análisis que hemos expuesto de las características que tuvieron los desarrollos de la ciencia en China dentro de las concepciones del taoísmo, señalamos la insuficiencia de la explicación propuesta por Needham sobre por qué no hubo en China una revolución científica comparable a la del mundo occidental. Este es un ejemplo claro del deslinde que consideramos necesario establecer: la explicación de Needham queda en el campo de la sociología de la ciencia, mientras que el análisis del marco epistémico muestra las raíces epistemológicas del problema. Marcar la diferencia no implica minimizar el valor del estudio sociológico-político, puesto que este es necesario para el análisis integral de la compleja problemática de la sociogénesis de la ciencia. En el caso de la revolución científica en Occidente fue imprescindible considerar como “unidad de análisis”, en el sentido de Kuhn, a los newtonianos en la Inglaterra del período, incluyendo aspectos institucionales, como el papel que jugaron la Royal Society y la Sociedad Boyle, en la creación del clima intelectual que difundió la obra genial de Newton. Pero el sentido profundo de esa revolución excedió en mucho a las leyes de la Mecánica y a la teoría de los movimientos planetarios, y tuvo sus raíces en un cambio de *Weltanschauung* que se expresó de manera particular en la introducción de la idea de *ley natural* y el desarrollo de una *filosofía natural*.

El cuestionamiento del mecanicismo

La siguiente gran revolución científica, que los historiadores suelen equiparar a la revolución newtoniana, se produjo en la segunda mitad del siglo XIX, dentro de la Biología, con Darwin y su concepción de la evolución.

Desde la concepción de la sociogénesis del conocimiento que estamos exponiendo en este capítulo, la revolución darwiniana es un ejemplo claro del impacto que tiene en la ciencia de un período histórico un cambio profundo de marco epistémico. El mundo newtoniano, con sus “leyes naturales” que regían el universo físico y también la sociedad, fue fuertemente trastocado hacia el final del siglo XVIII. La Revolución

Francesa generó cambios profundos en la sociedad y en la política, en la concepción de las relaciones del ser humano con la Naturaleza y del individuo con la sociedad.

El movimiento más trascendente que a comienzos del siglo XIX centralizó el cuestionamiento del mecanicismo del siglo XVIII, fue el Romanticismo alemán. Independientemente de su gran impacto en la literatura y las artes, en el campo del pensamiento el romanticismo representó un cambio significativo de *Weltanschauung*. La concepción del mundo en términos de materia y movimiento fue reemplazada por la de un mundo en el que sólo existen fuerzas, un mundo en perpetuo flujo, en el cual los objetos sólidos y aun las personas “sólo perduran como las cascadas y las columnas de humo a través del flujo de sus partículas materiales”.²⁰ La concepción del mundo de esta línea de pensamiento giró alrededor de la idea de que todos los fenómenos naturales eran manifestaciones diversas de una fuerza universal indestructible, que se presentaban como calor, electricidad, magnetismo, luz, afinidad química.

Una serie de experiencias y descubrimientos realizados con esa concepción parecía que ofrecían una sólida corroboración a dicha teoría. Oersted descubre que una corriente eléctrica que pasa por un cable hace desviar un imán colocado en su cercanía. Herschel muestra el calentamiento que provoca la región infrarroja del espectro de la luz solar. Ritter descubre la radiación ultravioleta en el otro extremo del espectro, mostrando su capacidad para inducir reacciones químicas. Por otra parte, la teoría de la fuerza universal que se manifiesta de tan diversas maneras parecía explicar tanto las experiencias de Galvani, mostrando la relación de la electricidad con el movimiento muscular, como también la producción de electricidad, con la pila de Volta, a partir de reacciones químicas. Todo hacía pensar que difícilmente se podría encontrar un ejemplo más claro de verificación empírica de una teoría.²¹

La idea de “fuerza universal” era errónea. El problema se esclareció con la introducción del concepto de *energía* y el desarrollo de la *termodinámica* (llamada en un comienzo “energética”). Las *transformaciones* de la energía pasaron a ocupar un lugar central en la comprensión del mundo físico.

No fue, sin embargo, un problema que ocupó sólo a los

físicos y químicos. Las ideas de transformación y cambio permearon todos los dominios del pensamiento.

En su historia del pensamiento europeo del siglo XIX²² (al cual se refiere en el texto como “nuestro siglo”), Merz lo califica de manera terminante, con su indiscutible autoridad:

Ninguna época ha sido tan rica en teorías rivales, tan subversiva de viejas ideas, tan destructiva de principios que se mantuvieron firmes en otras épocas, como la nuestra (...). En esa época de inquietudes y ansiedades, que parecen ser una característica común a casi todas las fases del pensamiento del siglo XIX (...) cuyas causas deben buscarse, en el período anterior, en la tormenta de la revolución que pasó sobre Europa y sacudió hasta sus fundamentos todas las instituciones políticas y sociales, que análogamente afectó nuestras ideas y pensamientos en todas direcciones.²³

La tesis que sostengo en este capítulo me lleva a considerar que es en este contexto donde se generan las ideas de Darwin.

Bernard Cohen, en su profundo análisis del concepto de *revolución en la ciencia*, emite el siguiente juicio:

La evolución darwiniana, el nuevo concepto científico más importante de la centuria, no sólo cambió el curso de la biología y de las nociones corrientes de cómo progresa la ciencia, sino que también influyó en campos que van desde la sociología, la ciencia política y la antropología a la crítica literaria. Es una paradoja que esta idea dominante de evolución fuera avanzada en el contexto de una de las mayores revoluciones en la historia de la ciencia.²⁴

Desde esta perspectiva, consideramos que un Darwin no podría haber surgido en los siglos XVII y XVIII. La idea de evolución no pudo desarrollarse allí, pero surge naturalmente en el contexto que le ofrece el marco epistémico prevalente en su siglo.

Este capítulo ha estado dirigido a los problemas de la sociogénesis del conocimiento científico. El problema general ha sido tratado en el capítulo 9 de *Psicogénesis e historia de la ciencia*, y aquí sólo nos resta repetir el final de ese capítulo:

Cómo un sujeto asimila un objeto, depende del sujeto mismo; qué es lo que él asimila, depende, al mismo tiempo, de su propia capacidad y de la sociedad que le provee la componente contextual de la significación del objeto.²⁵

Notas

¹ Russell (1937).

² Le Robert (1992).

³ Needham, Joseph (1956). *Science and Civilization in China*, Cambridge University Press. Vol. 2, cap. 13 (f), p. 279.

⁴ Piaget y García (1983), cap. 9.

⁵ Needham (1956), vol. 2, cap. 10, pp. 33-36.

⁶ Yu-Lan (1944)

⁷ Needham (1956), vol. 2, p. 130

⁸ Véase, por ejemplo, Bodde (1991), cap. 5.

⁹ Utilizamos el término “cosmovisión” como equivalente al alemán “Weltanschauung” que es de uso corriente en la literatura de Filosofía de la Ciencia en lengua inglesa (véase cap. 7).

¹⁰ El Chuang Tzu (El libro del Maestro Chuang) es uno de los dos más importantes textos clásicos del taoísmo. La cita está tomada de Needham (1956), p. 302.

¹¹ “The hands and feet differ in their duties; the five viscera differ in their functions. They never associate with each other, yet the hundred parts (of the body) are held together with thwm in a common unity. Thus do they associate in non-association. They never (force themselves) cooperate; and yet, both within and without, all complete one another. This is the way in wich they cooperate in non-cooperation (...). Heaven and Earth are such a (living) body”.

¹² “There are not two things under Heaven which do not have mutual relationship of the ‘self’ and the ‘other’. Both the ‘self’ and the ‘other’ equally desire to act for themselves, thus opposing each other as strongly as east and west. On the other hand, the ‘self’ and the ‘other’ at the same time have the mutual relationship of lips and teeth. The lips and the teeth never (deliberately) act for one another (...) yet the action of the ‘other’ on its own behalf at the same time helps the “self”. Thus though mutually opposed, they are incapable of mutual negation”. Needham (1956), p. 303.

¹³ Needham (1956), cap. 13.

¹⁴ Stcherbatsky (1926).

¹⁵ Russell (1972).

¹⁶ Russell (1972), cap. XXII, p. 730.

¹⁷ *Op. cit.* p. 735.

¹⁸ Whitehead (1925).

¹⁹ Véase, por ejemplo, Lakatos y Musgrave (comps.) (1970).

²⁰ Knight (1975), p. 164.

²¹ García (1998).

²² Merz (1907).

²³ Introducción al primer volumen, p. 77.

²⁴ Cohen (1985), pp. 273-274.

²⁵ Piaget y García (1983).

Apéndice al capítulo 6

Características de la ciencia y la tecnología chinas

Las investigaciones sobre la ciencia china que, particularmente a partir de Needham y sus numerosos colaboradores chinos y europeos, se desarrollaron durante el siglo xx, cambiaron por completo la imagen heredada del siglo xix.

El gran debate entre los historiadores de la ciencia estuvo centrado fundamentalmente en dos puntos: a) las relaciones entre la ciencia y la tecnología, y b) las relaciones entre ambas y las circunstancias socio-económicas dentro de las cuales ellas se desarrollaron. El estudio comparativo del tipo de ciencia que se produjo en China y en Occidente, con las grandes diferencias que tuvieron en el curso de su evolución, permite poner de manifiesto algunos factores importantes que han determinado ese juego de relaciones.

En el presente capítulo he procurado dejar en claro que, para poder extraer conclusiones válidas en este campo, el análisis no puede circunscribirse a una comparación entre descubrimientos aislados o avances particulares en dominios específicos de la ciencia o de la tecnología. Por el contrario, *las similitudes y diferencias que revisten importancia en una historia comparativa de la ciencia son aquellas que se refieren a los sistemas de pensamiento, a las particulares concepciones del mundo dentro de las cuales dichos descubrimientos o avances han tenido lugar.*

También he insistido en que los diversos descubrimientos hechos en cada cultura no deben considerarse solamente como

pasos sucesivos hacia el desarrollo de la ciencia moderna. Su evolución sólo puede ser interpretada (es decir, explicada en términos de una múltiple causalidad) dentro del contexto de las varias posibilidades abiertas o cerradas por la totalidad de ideas, valores y actitudes sociales de su época, que intervienen en lo que he llamado *marco epistémico*.

Es dentro de este marco donde la comparación entre la ciencia china y la ciencia que se desarrolla en Grecia, transmitida luego al medioevo europeo, tendrá lugar. Este estudio no puede realizarse en el vacío puesto que, a su vez, ese marco, que podríamos calificar de "ideológico" (en uno de los múltiples sentidos atribuidos a este término, y que es próximo al de *Weltanschauung*), está estrechamente ligado a los modos y relaciones de producción, así como a la distribución del poder en cada civilización. No obstante, y por obvias razones dadas por la naturaleza de la presente obra, el énfasis será puesto primordialmente en el marco ideológico-conceptual.

Algunos de los más caracterizados sinólogos, como Joseph Needham en Inglaterra (quien cita también las contribuciones de André Haudricourt y De Hatrelon en Francia), consideran que la superioridad científica y tecnológica de China —mantenida con toda claridad desde el comienzo de nuestra era hasta el Renacimiento— está estrechamente relacionada con el llamado "modo de producción asiático".

Recordemos que este concepto, introducido por Marx en el *Grundrisse*, luego dio lugar a un gran debate en la Unión Soviética (años 1920-1922), para ser retomado entre 1960-70, particularmente en Francia¹ (véase "Sur le mode de production asiatique", colección de trabajos publicados por *Editions sociales* en 1969, que recopila artículos sobre dicho tema aparecidos en *La Pensée*).

En síntesis, el "modo de producción asiático" se refiere a que el esquema clásico de sucesión de las formaciones sociales y económicas con sus cinco estadios, característicos de las sociedades europeas (comunidad primitiva, régimen esclavista, feudalismo, capitalismo y socialismo), no tendría aplicación en países como China. El modo de producción que allí se desarrolló se situó entre la comunidad primitiva y el capitalismo, sin pasar por la esclavitud y el feudalismo de estilo europeo. Sin entrar en el debate en torno de esta concepción,



aquí interesa solamente señalar dos puntos que son esenciales para el presente análisis: 1) en China no hubo nunca un régimen esclavista sobre el cual se asentara la economía (aunque sí hubo esclavos), 2) tampoco hubo en China un feudalismo del tipo que se desarrolló en Europa Occidental, ni se dio, por consiguiente, la forma de transición al capitalismo que caracterizó el desarrollo de las formaciones sociales en Occidente.

Needham observa con razón que en China “la institución de la esclavitud como forma de propiedad no constituyó nunca un fundamento para el conjunto de la sociedad, como ha podido producirse en una cierta época en Occidente”. De aquí surge un hecho que parecería tener fundamental importancia para explicar el precoz desarrollo de la tecnología con respecto a otras civilizaciones que fueron contemporáneas: no hubo uso masivo de la fuerza de trabajo que podría provenir de grandes concentraciones de esclavos. La necesidad del transporte y de las grandes obras públicas impulsaron así el desarrollo de técnicas para reemplazar la fuerza humana. Entre las más antiguas y mejor desarrolladas de dichas técnicas figuran sin duda aquellas que estaban ligadas a las obras hidráulicas requeridas por la irrigación y el transporte por agua.

El control, la conservación y la distribución del agua para la agricultura data, por lo menos, del siglo v a. C. La utilización racional del sistema hidrológico coincide, por otra parte, con el surgimiento de ese tipo de feudalismo sui generis que es el modo de producción asiático, y que algunos sinólogos llaman “el feudalismo burocrático”, tipificado por el mandarinato. Ya en el siglo I a. C. el *Yan Tie Lun* —considerado como uno de los más importantes libros que han sobrevivido— explicaba que la ejecución de los proyectos de control de las aguas obligaba a transferir dicho control a una autoridad central y que su supervisión condujo al desarrollo de un cierto “servicio civil” —es decir, una burocracia— que dio origen, a su vez, al poder de los mandarines.

El libro mencionado, cuyo título significa “Discurso sobre la sal y el hierro” relata también la primera “nacionalización” llevada a cabo por el mandarinato. La sal y el hierro fueron consideradas —junto con el agua— como elementos básicos cuya distribución debía quedar en manos de una autoridad central. Así se abolió el poder de los pequeños señores feudales y se instaló un sistema de tributos que el emperador percibía

por medio de una gigantesca burocracia. Dicha burocracia —el mandarinato— ejerció su control durante dos mil años, estableciendo un tipo de sociedad que no tiene parangón en Occidente. El sustento ideológico le fue provisto por el confucionismo.

Dentro del marco socio-político que se ha descrito se desarrolló una actividad científica y tecnológica prácticamente ignorada por Occidente hasta el siglo xx, de la cual daremos algunos breves ejemplos (tomados de las siguientes fuentes: la obra en varios volúmenes de Needham, ya citada; otro libro del mismo Needham traducido al español: *La ciencia y la tecnología chinas*;² Derk Bodde: *Chinese Thought, Society, and Science*³).

Matemáticas

Los dos grandes textos clásicos de matemáticas chinas son el *Chou Pei San Ching* y el *Chiu Chang Suan Shu*. Aunque hay indicios de que el segundo es probablemente dos siglos anterior al primero, el *Chou Pei* fue considerado por los historiadores como el más antiguo. Si se le menciona en primer término es, sin duda, por el hecho de haber servido de base a la más antigua escuela de astronomía del imperio. Es por esta última circunstancia que se puede establecer que el texto ya existía —quizás en forma primitiva— en la época de Confucio (siglo vi a. C.); algunos lo hacen remontar al año 1100 a. C.

La traducción de *Chou Pei Suan Ching* es aproximadamente “La aritmética del Gnomon y de los Caminos Circulares del Firmamento”. Su título ya indica que se trata fundamentalmente del uso de las matemáticas para determinar las posiciones del sol y de los demás astros.

El contenido matemático del libro, siempre referido a su aplicación en mediciones astronómicas, incluye además del teorema conocido en Occidente como teorema de Pitágoras, las operaciones con fracciones y la raíz cuadrada. Desde el punto de vista que interesa para este análisis histórico, debe hacerse notar que no obstante el uso abundante de figuras, no hay un tratamiento de la geometría a la manera griega. Se establece explícitamente que la geometría surge de las mediciones. Las proposiciones geométricas no fueron para los chinos, susceptibles de ser *probadas geoméricamente* (es decir: deducidas, por medio de construcciones, a partir de la aceptación de algunas

relaciones simples, tal como lo hará Euclides, y muchos de sus predecesores, en Grecia). El primer comentarista del *Chou Pei*, que fue Chao-Chüing-Ching —quien vivió hacia fines de la dinastía Han—, hace referencia al teorema de los triángulos rectángulos, con una interesante demostración estrictamente algebraica.

El segundo libro mencionado, el *Chiu Chang Suan Shu* (“Nueve capítulos en el arte de las Matemáticas”) es el más importante de todos los libros de matemáticas en la historia de China: *servió de texto —en diferentes versiones— durante más de 1000 años*. Su origen parece estar en el período Chhin o comienzos del Han, con importantes agregados hacia fines de la dinastía Han.

Su contenido comprende —como lo indica el título— nueve capítulos, en los cuales se resuelven 246 problemas. Es interesante mencionar la secuencia de capítulos, pues en ella se ve claramente la completa subordinación de las matemáticas a la solución de problemas concretos.

Capítulo 1: “Relevamiento de tierras” (se dan reglas para hallar el área de rectángulos, triángulos, trapecios, círculos y segmentos de círculo).

Capítulo 2: “Mijo y arroz” (se ocupa fundamentalmente de porcentajes y proporciones).

Capítulo 3: “Distribución por progresiones” (trata de problemas tales como la aplicación de impuestos a productos de cualidades diferentes. Contiene aplicaciones de la “regla de tres”, así como de progresiones aritméticas y geométricas).

Capítulo 4: “Amplitudes decrecientes” (se ocupa de cómo encontrar un lado de una figura, cuando se conoce el área y los otros lados. El tema matemático más importante que aquí se desarrolla es la extracción de raíz cuadrada y cúbica).

Capítulo 5: “Trabajos de ingeniería” (se trata acerca de la construcción de muros, diques y canales. Se determinan volúmenes de prismas, cilindros, pirámides, conos, etcétera).

Capítulo 6: “Aplicación imparcial de impuestos” (cálculo de tiempos de transporte, de distribución de impuestos por cantidad de población, etcétera).

Capítulo 7: “Excesos y deficiencias” (se ocupa fundamentalmente de aplicación de la “Regla de la posición falsa”, inventada por los chinos).

Capítulo 8: “Cálculo por tabulación” (se trata de solución de ecuaciones, y el nombre se debe a la disposición de las cantidades que, en la notación china referida a ecuaciones, se situaban en columnas rectangulares).

Capítulo 9: “Ángulos rectos” (propiedades de los triángulos rectángulos y de ecuaciones cuadráticas).

La geometría china es subsidiaria de la aritmética y el álgebra y no tiene, en los textos mencionados, ni en aquellos que pertenecen al medioevo, un tratamiento independiente. Hay, sin embargo, una excepción que corresponde a un período excepcional de la historia china: el relacionado con la escuela Mohista.

El *Canon Mohista* (alrededor del año 330 a. C.) se ocupa de los elementos geométricos y de sus propiedades, pero con una concepción diferente de la griega. Recordemos que Euclides comienza por definir el punto como “lo que no tiene partes”, y luego define *la recta como una sucesión de puntos*. Hay aquí una clara evidencia del atomismo griego, completamente ajeno al pensamiento chino. El Canon define el punto geométrico de la siguiente manera:

La línea es separada en partes, y la parte que no tiene partes (es decir, que no puede ser dividida todavía en partes más pequeñas), y que forma así el extremo de la línea, es un punto.

Aquí, como en todo el resto de la ciencia china, prevalece la posición “organicista” que hemos analizado en este capítulo, y les obliga a considerar primero el “todo”, que es la línea, y luego la parte o extremo que es el punto.

Astronomía y Geodesia

Desde los tiempos en que se pueden detectar vestigios de la ciencia china, los problemas inherentes a la construcción de un calendario apropiado para la agricultura aparecen ligados al desarrollo de las matemáticas y, obviamente, de la astronomía. En el modo de producción chino, centrado en la agricultura, el emperador impone el calendario que ha de utilizarse, hasta el punto que la aceptación del calendario oficial es el signo de sumisión de cualquier pueblo que se sume

al imperio. De aquí que la astronomía, la ciencia del calendario, como la geodesia, la cartografía y la ingeniería relativa al control del agua para riego y navegación, sean fundamentalmente ciencias confucianas muy estrechamente ligadas al manejo político del imperio, mientras que la Física y la Alquimia quedaron en manos de la escuela Taoísta. Los astrónomos griegos de Hiparco a Ptolomeo son "filósofos": personas individuales "en búsqueda de la verdad". Los astrónomos chinos son parte de la corte imperial.

Desde el siglo v a. C. hasta el siglo x d. C., los registros de las observaciones chinas constituyen la más rica documentación astronómica disponible en el mundo. Tales registros fueron de gran valor para establecer variaciones seculares, tales como la oblicuidad de la eclíptica, la precesión de los equinoccios y la variación de los puntos del solsticio. El más antiguo calendario que se conserva es el Hsia Hsiao Cheng. Es un calendario para los agricultores, que incluye comentarios sobre el clima, las estrellas y la vida de los animales en relación con los doce períodos lunares anuales. En su forma conocida los historiadores consideran que es del año 350 a. C. pero su origen se hace remontar al siglo v o vii a. C.

Mucho más extenso es el calendario llamado Yüeh Ling del siglo iii a. C. que además de las características astronómicas de cada mes, se extiende sobre las notas musicales y los números "asociados" a los meses. Una parte importante está dedicada a la descripción de las ceremonias imperiales que deben realizarse cada mes. De aquí el nombre de "Manual de Ritos y Ceremonias Mensuales".

Quizá la más significativa empresa científica organizada por los chinos fue la medición de un arco de meridiano para establecer la longitud de un grado de latitud y fijar de manera precisa una unidad de medida. Varias expediciones se organizaron entre 723 y 726 bajo la dirección del Astrónomo-Real Nankung Yüeh y un monje budista I-Hsing. Se establecieron once estaciones, desde Indochina hasta Weichow (latitud de Peking), en una extensión de 2500 km. Se midieron las sombras de los solsticios de verano e invierno con un *gnomon standard* de una altura equivalente a unos 2,5 m. Recordemos que en Occidente las primeras mediciones de un arco de meridiano se hacen en el siglo xvii.

Los eclipses

Ya en el tratado de matemáticas llamado *Chou Pei*, que como hemos dicho quizá se remonta al siglo VI a. C., se indicaba que la luna debe su apariencia brillante a la luz del sol. Un texto del siglo I a. C. dice textualmente:

La luna y los planetas son Yin; ellos tienen forma pero no luz. Esta la reciben del sol que los ilumina. Los antiguos maestros pensaban que la luna tenía la naturaleza de un espejo. Aquellas partes de la luna que el sol ilumina aparecen brillantes, y aquellas partes que no ilumina permanecen oscuras.

En el siglo IV a. C. algunos astrónomos tenían claro que los eclipses de sol estaban ligados a los movimientos de la luna. Pero sólo en el año 20 a. C. aparece un texto en el cual se indica explícitamente: "Cuando hay eclipse de sol es porque la luna lo oculta al desplazarse en su propio camino". Y en el *Ling Hsien*, escrito en el año 120 d. C., se da una descripción detallada de la forma en que se produce el eclipse.

La Física

Una de las características más singulares de la ciencia china es la ausencia de una física más o menos sistematizada tal como se encuentra en Occidente. Hay, sin embargo, un pensamiento físico marcadamente diferente del pensamiento occidental y con raíces antiguas que datan de la escuela Mohista, entre los siglos IV y III a. C.

La concepción del mundo de los chinos influyó considerablemente en el desarrollo de ese pensamiento físico. La naturaleza es concebida como un todo orgánico, no como una interacción de objetos aislados. En términos de la física moderna, con su oposición entre partículas y ondas, podríamos decir que la física occidental fue dominada por la mecánica de las partículas, mientras que en China prevalece la noción de onda. No hay, pues, un "atomismo" chino. La idea de continuidad de la naturaleza se impone sobre la percepción discontinua de los objetos.

Lo anterior no significa que una noción similar a la de átomo o parte muy pequeña no se encuentre en la física china.

Pero ella aparece como *parte* de un continuo y no como elemento aislado. Recordemos a este respecto lo expuesto cuando nos referimos a la concepción de punto geométrico. En física encontramos una noción similar referida al tiempo. Así se explica que un “instante” de tiempo, se designe con la palabra *shin* que significa “comienzo”. El “shin”, referido al tiempo, constituye, por consiguiente, la exacta contraparte del “tuan” en geometría. Hay otras palabras que algunos sinólogos han traducido como “átomo”. Las más frecuentes son “wei”, cuyo sentido (“parte minúscula”) es más bien literario, y “chi”, usada en biología en el sentido de “germen”. Needham rechaza que ambas correspondan a “átomo”.

No puede entonces extrañar que el magnetismo, la acústica y la óptica hayan adquirido un gran desarrollo, mientras que la mecánica permaneció rezagada. La situación es completamente distinta en Occidente donde la mecánica domina netamente la tradición aristotélica-medieval, y se convierte en paradigma de la ciencia a partir de la revolución científica del siglo XVIII.

La razón de esta diferencia debe buscarse, como ya se ha señalado, en la concepción del mundo que impera en China. El universo es concebido como un proceso que se desenvuelve por las pulsaciones de dos fuerzas contrarias: el Yang y el Yin. La idea está ya explícita en textos que datan por lo menos del siglo V a. C. En su versión más moderna se encuentran en el libro de Liu Chou, llamado Liu Tzu, del siglo VI d. C., resumido de la siguiente manera (retraducido del texto inglés publicado por Needham, vol. IV, parte I)

Cuando el Yang ha llegado a su máximo, el Yin comienza a elevarse. De la misma manera como el sol comienza a declinar cuando ha llegado a su mayor altitud, y como la luna, que después de haber crecido hasta estar llena, comienza a decrecer. Este es el inmutable Tao del cielo. Cuando las fuerzas han alcanzado su clímax, comienzan a debilitarse, y cuando los objetos materiales han llegado a su completa aglomeración, comienzan a dispersarse. Después del año de plenitud, sigue el decaimiento, y la mayor alegría es seguida por la tristeza. Esta también es la inmutable condición del hombre.

Esta idea de pulsación y de ritmo permea todas las explicaciones sobre los fenómenos físicos. Cada objeto tiene su ritmo

intrínseco, y allí hay que buscar la explicación de los fenómenos naturales.

El hecho mismo de que el Yang y el Yin, con sus alternancias, sean considerados como causa última de todos los fenómenos, habrá de constituir lo que fue quizás el mayor obstáculo epistemológico de las ciencias naturales en China. Conviene observar que la falta de una discusión acerca del movimiento de los cuerpos y de las fuerzas que originan los movimientos —tema que domina la física del mundo occidental desde Aristóteles en adelante— no fue obstáculo para que se desarrollara una tecnología mecánica muy avanzada. El desarrollo de vehículos terrestres con ingeniosos mecanismos de orientación automática, la navegación a vela con un profundo aprovechamiento de la dirección y fuerza del viento, así como el desarrollo de la artillería constituyen ejemplos de un avance considerable de la tecnología mecánica China con respecto a la europea, por lo menos hasta el período que va del siglo XIV al XVI. El desarrollo de la técnica mecánica precede, pues, en mucho, a la concepción de una dinámica racional.

El concepto de explicación: una diferencia significativa con Occidente

Una interpretación corriente de la superioridad de la ciencia griega sobre la ciencia china es atribuida a la permanente actitud de los griegos de no conformarse con los hechos, buscando permanentemente las razones por las cuales dichos hechos ocurren. Tales razones se expresaban sea en forma geométrica, sea en forma mecánica. Que una explicación tomara forma geométrica o mecánica era una necesidad para los griegos, pero no para los chinos. En efecto, los diferentes organismos que componen el gran organismo universal debían de seguir “su propio Tao”, el Tao que correspondía a su naturaleza, y este no era necesariamente representable como relaciones geométricas o interacciones entre fuerzas mecánicas. La diferencia fundamental entre griegos y chinos no residió, por consiguiente, en que unos buscaran las razones de los hechos, y otros no, sino en el tipo de razones que aparecían como aceptables, en la clase de “evidencia” última, más allá de la cual cesaban las preguntas (lo cual está vinculado con lo que

hemos llamado “marco epistémico”, que condiciona las conceptualizaciones en cada cultura y en cada período). Por otra parte, no hay diferencias fundamentales entre el pensamiento oriental y el griego durante el período presocrático. Es a partir de Platón y de Aristóteles —y más específicamente de Euclides y de Arquímedes— que el pensamiento griego tomó una dirección que fue decisiva para el mundo occidental.

Notas

¹ Véase “*Sur le mode de production asiatique*”, colección de trabajos publicados por *Editions sociales* en 1969, que recopila artículos sobre dicho tema aparecidos en *La Pensée*.

² Needham (1978).

³ Bodde (1991).

7

Epistemología y Filosofía de la Ciencia

La introducción del término “epistemología”, tanto en el idioma inglés (fines del siglo XIX) como en el francés (comienzos del siglo XX), respondió a la necesidad de establecer una distinción entre la *teoría del conocimiento científico* y la *teoría general del conocimiento*, referida esta última al conocimiento precientífico (véase capítulo 1). Con ello quedó establecida una *dicotomía* en el seno de la filosofía. Los filósofos debieron aceptar que los científicos (especialmente los físicos y los matemáticos) tuvieran la última palabra en los problemas de fundamentación de los conceptos y teorías de las diversas disciplinas científicas, pero reservaron para la filosofía especulativa, como dominio propio, la teoría general del conocimiento.

En diversos capítulos de esta obra se ha hecho referencia al principio de continuidad de los *procesos* cognoscitivos en todos los niveles, lo cual implica también la continuidad de los *mecanismos* constructivos. Sobre esta base, el constructivismo eliminó aquella dicotomía. En efecto, como quedó demostrado en capítulos precedentes, no obstante las profundas diferencias en los niveles de conceptualización y de estructuración del conocimiento, desde los primeros esquemas de acción hasta las más complejas teorizaciones de la ciencia, los *instrumentos* con los cuales se organizan e interpretan los “datos” de la realidad son comunes a todas las etapas constructivas. Esto significa la unificación de los aspectos funcionales de todo el conocimiento, pero también implica que la teoría general del conocimiento se

pueda replantear *desde* la ciencia, con la posibilidad de aplicar una metodología retroductiva, cuya utilidad ha sido expuesta en los capítulos precedentes.

Esta es la razón por la cual justificamos que Piaget se haya sentido obligado repetidamente a reconsiderar, a partir de nuevos enfoques, diversos aspectos de su teoría epistemológica en consonancia con sucesivos momentos de avances en la ciencia. Así pudo mostrar que tales desarrollos no modificaban los mecanismos que la teoría había puesto en evidencia, pero sí podían darle más claridad y precisión. En cada uno de los nuevos enfoques era necesario, además, que el epistemólogo enfrentara el permanente desafío de *explicar* el conocimiento científico, dando cuenta de qué es lo que las teorías científicas nos permiten conocer de "la realidad". Recordemos que para un constructivista la pregunta "¿Qué es lo que conocemos?" es solidaria de la otra pregunta crucial "¿Cómo es que llegamos a conocer?". Los espectaculares desarrollos de la ciencia del siglo xx exigieron a la epistemología constructivista la revalidación del principio de continuidad. La posibilidad de tal revalidación en una ciencia cambiante, y con teorizaciones que desafían el "sentido común", no ha sido en modo alguno obvia.

La revalidación del principio de continuidad tiene dos aspectos de muy distinta naturaleza. Hay un aspecto que se refiere a lo que podríamos llamar la *interpretabilidad* de una nueva teoría sobre la base de las conceptualizaciones previas. En el capítulo 8 analizaré, a este respecto, el surgimiento de la mecánica cuántica, así como las polémicas que aún continúan acerca de su interpretación, y mostraré de qué manera la epistemología constructivista contribuye al esclarecimiento de esa problemática. Pero hay un segundo aspecto, más profundamente ligado al principio de continuidad de los procesos y mecanismos cognitivos, que está referido a la posibilidad de encontrar, en las etapas más elementales del desarrollo cognoscitivo, los gérmenes de las nuevas conceptualizaciones, utilizando la metodología retroductiva expuesta en el capítulo 2. El propio Piaget ofreció en su última obra (póstuma) sobre *Morfismos y Categorías*¹ un magistral ejemplo de aplicación de tales principios.

Retomaremos más adelante el estudio de la función que juegan estos dos aspectos del principio de continuidad. Aquí

sólo quisiera mencionar que sobre esas bases es posible realizar un análisis constructivista del desarrollo de la ciencia y, de esta manera, devolverle a la filosofía de la ciencia los fundamentos epistemológicos que había perdido luego del colapso del empirismo. Sin embargo, para que estas afirmaciones tengan sentido, es necesario aclarar qué se entiende por "filosofía de la ciencia". No tengo el propósito de analizar aquí este tema a fondo, sino en la medida necesaria para ubicar la posición del constructivismo en un contexto apropiado y hacerla inteligible. Con tal objetivo, utilizaré como marco de referencia (entre muchos otros disponibles en la literatura filosófica), las consideraciones que hace Morris Weitz en su análisis sobre la unidad de la filosofía de Bertrand Russell,² donde pasa revista a las principales "filosofías de la ciencia" que hubo desde el siglo xvii, y que él reduce a cuatro: 1) la concepción según la cual la función de la filosofía es "aceptar completamente los resultados de la ciencia y generalizarlos de modo que abarquen todos los aspectos de la realidad, incluyendo la experiencia humana" (aquí pone como "ejemplo clásico" a la teoría evolucionista de Spencer); 2) la teoría de Hume, según la cual "la función de la filosofía con respecto a la ciencia es disputar las suposiciones de la ciencia, especialmente en las problemáticas referidas a los conceptos de inducción, causalidad y sustancia"; 3) la posición de quienes, como Berkeley, afirman que la filosofía "debe intentar una interpretación de los conceptos y entidades de la ciencia de manera de armonizarlos con los hechos más generales (*gross facts*) de la experiencia humana", 4) finalmente "la concepción de filósofos como Kant, quien mantiene que la función de una filosofía científica es la justificación de la ciencia, sea como método o como cuerpo de conocimiento".³

Morris Weitz, con cuyo análisis Russell declara estar de acuerdo,⁴ concluye que "la gran contribución de Russell ha sido su justificación de la ciencia, considerada como un cuerpo de conocimiento".⁵ Es obvio que el análisis de la ciencia hecho por Russell en numerosas obras no fue una justificación *à la Kant*. Rechazadas todas las formas de apriorismos que ofreció la filosofía especulativa, porque no ofrecieron base alguna para fundamentar la ciencia que surgió en el siglo xx, los filósofos que se ocuparon de la teoría del conocimiento, con Russell como

figura prominente, tuvieron al empirismo como única base para asentar su justificación de las nuevas teorías.

La Filosofía de la Ciencia del empirismo lógico

Las objeciones al empirismo y las declaraciones antiempiristas han sido moneda corriente en la filosofía post russelliana, pese a lo cual han persistido las posiciones empiristas entre los científicos contemporáneos. Es necesario, entonces, hacer aquí un paréntesis para poner en evidencia las raíces epistemológicas de esa concepción de la ciencia y mostrar que el necesario abandono de la teoría empirista del conocimiento no es un hecho pasajero.

Aunque hay muchas variantes del empirismo que deberían de analizarse en detalle separadamente, me centraré en el caso quizá más extremo, pero más nítido, que fue el empirismo lógico; sin duda la teoría del conocimiento más completa y coherente que hegemonizó la filosofía de la ciencia en la primera mitad del siglo xx y continuó su dominio mucho tiempo después de haber sufrido serias refutaciones. Expondré sus características en algo que podría visualizarse como un cuadro sinóptico con el objeto de mostrar la dependencia que existe entre la concepción de ciencia contenida en la teoría y la fundamentación epistemológica subyacente.

Estructura de la teoría de la ciencia del empirismo lógico

1. Hipótesis de base

a) Las teorías científicas son reducibles a conjuntos de enunciados cuyo valor de verdad (verdadero o falso, en el sentido de la lógica proposicional) depende exclusivamente de su correspondencia con datos observacionales.

b) La ciencia es objetiva y universal, es decir, se refiere a hechos que son independientes del observador y de las teorías que los explican.

c) La verdad de los enunciados empíricos es independiente de la verdad lógica. Esta última es sólo tautología.

2. Dicotomías epistemológicas involucradas en las hipótesis de base

a) La primera hipótesis (1a) implica considerar que el lenguaje científico (exceptuando las relaciones lógicas) está constituido por dos componentes: el *lenguaje observacional* (Lo) y el *lenguaje teórico* (Lt), siendo Lt reducible contextualmente a Lo (dicotomía 2a).

b) La hipótesis 1b implica que la aceptabilidad de una teoría depende de evidencias empíricas. La forma de validación (*contexto de justificación*) es independiente de su historia (*contexto de descubrimiento*) (dicotomía 2b).

c) La hipótesis 1c supone caracterizar, tanto los conocimientos lógicos y matemáticos, como los conocimientos de las ciencias empíricas, introduciendo una tajante dicotomía entre enunciados *analíticos* y *sintéticos* (dicotomía 2c), con la definición clásica de proposición analítica como “una proposición cuya verdad está únicamente determinada por el significado de sus términos y es independiente de los hechos”, por oposición a una proposición sintética cuya verdad depende de hechos empíricos.

3. Componentes de la teoría

a) *Teoría de la significación*. La dicotomía 2a conduce a un empirismo radical en el cual el significado de un enunciado está dado por sus condiciones de *verificabilidad*.

b) *Teoría de la validación*. La dicotomía 2b lleva a una concepción de la filosofía de la ciencia que sólo se ocupa de la *reconstrucción racional* de las teorías que se proponen.

c) *Teoría de la lógica*. La dicotomía 2c conduce a la concepción de la verdad lógica como tautología y deja a la lógica, como disciplina, sin otra fundamentación que la coherencia lingüística.

4. Características de la ciencia resultante

a) La teoría de la significación establece criterios precisos de *demarcación* entre ciencia y no-ciencia. Hay una unidad de la ciencia, en el sentido de que todo conocimiento científico es expresable en un lenguaje traducible en términos de experiencia física.

b) Hay criterios objetivos y universales de confirmación o refutación de toda aserción científica. La ciencia se desarrolla acumulativamente por adición de nuevos conocimientos.

c) La lógica, como disciplina, se construye a partir de proposiciones con valores de verdad, cuyas reglas corresponden a las reglas del lenguaje, el cual se aprende en la forma establecida por el conductismo.

En esta obra se ha puesto de manifiesto que la endeblez de las posiciones empiristas reside en la aceptación de los datos sensoriales como siendo indubitables o, en las versiones más escépticas, como los menos susceptibles de ser puestos en duda, lo cual equivale a dar por sentado que la percepción es una "lectura pura de la experiencia". Paradójicamente, la teoría del conocimiento con la concepción dinámica de los procesos constructivos expuestos en el capítulo 5, puso en evidencia, *empíricamente*, que lo que corrientemente se llama "percepción" no es un mero registro el dato externo sino un proceso que pone en juego los complejos mecanismos de asimilación cognoscitiva.

La refutación del empirismo plantea de inmediato una pregunta ineludible: pero entonces ¿en qué consiste una ciencia empírica? Fuera de las disciplinas formales (lógico-matemáticas) ¿no consiste la ciencia, en su forma avanzada, en "leer" registros de los instrumentos utilizados en la investigación, para luego analizarlos y elaborar —*con esos datos empíricos*— las teorías explicativas de los fenómenos estudiados?

La dilucidación de estas preguntas no es simple, ni inmediata, pero hay un primer punto, cuya aclaración resulta más o menos directa sobre la base de establecer la distinción entre "empirismo" y "ciencia empírica" (véase capítulo 6).

Recordemos que, desde la perspectiva de la presente obra, la utilización de *datos empíricos* no implica tener una posición empirista, sin que haya aquí contradicción, paradoja, ni juego de palabras. La designación de "empirista" se aplica al *investigador*, o a la *explicación* que él propone, cuando asigna a sus "datos empíricos" la calidad de observaciones o percepciones que sean *reducibles* a datos sensoriales (visión, audición, tacto) en el sentido que Quine llamó, elocuentemente, "irritación de las terminaciones nerviosas". He señalado precedentemente que tal reduccionismo es insostenible. A lo largo del siglo xx los propios empiristas fueron abandonado el empirismo en el sentido antes definido. Quine lo afirmó en forma terminante:

“La noción de observación como la fuente imparcial y objetiva de evidencia para la ciencia está en bancarrota” (p. 88). Parecía necesario proponer su eliminación, pero los empiristas no se resignaron, y hubo diversas tentativas para salvarlo. La más importante fue la de Quine.

Quine propuso reemplazar dicha noción por la de “enunciado observacional” (the observation sentence). El cambio no es banal y conduce a una completa reformulación del problema epistemológico. A partir de allí, Quine hablará de “la vieja epistemología” y de “el nuevo epistemólogo liberado”. Un párrafo de *The Roots of Reference*⁶ es particularmente claro a este respecto:

¿Queremos saber cómo los hombres pueden haber logrado (achieved) las conjeturas y abstracciones que están en las teorías científicas? ¿Cómo es posible realizar tal investigación mientras hablan de objetos externos con exclusión de ideas y conceptos? Hay un camino: podemos hablar del lenguaje. Podemos hablar de hombres concretos y de sus ruidos (concrete men and their noises). Las ideas son como sean, pero las palabras están ahí afuera donde podemos verlas y oír las. Y las teorías científicas, por muy especulativas y abstractas que sean, son palabras (...). Al apartarnos de las ideas y buscar las palabras, estamos tomando una estrategia nominalista. (p. 35)

Y más adelante agrega:

(...) para dar cuenta del dominio de la teoría por parte del hombre debemos ver cómo adquiere el lenguaje teórico. La razón es que podemos estudiar palabras más responsablemente que ideas. Hay también una segunda razón que tiene que ver con la relación entre una teoría científica y las observaciones que la sostienen. Porque esta relación tiene, además de su aspecto epistemológico, un aspecto semántico. Además de ser una relación a través de la cual los enunciados que afirman la teoría se sustentan, es la relación a través de la cual obtienen su significación. Porque aprendemos el lenguaje relacionando sus términos a las observaciones de las cuales ellos surgen (the observations that elicit them). Ahora bien, este proceso de aprendizaje es un hecho dado (a matter of fact), accesible a la ciencia empírica. Al explorarlo, la ciencia puede, en efecto, explorar las relaciones evidenciales (evidence relations) entre la ciencia misma y las observaciones que la sostienen. (p. 37)

Quine sostiene que su propuesta (sintetizada en los párrafos citados) es "la nueva epistemología". Sin embargo, desde el punto de vista de los procesos de construcción del conocimiento que hemos analizado en los capítulos anteriores, se trata de una epistemología a la cual le han amputado los pies. No otra cosa se puede afirmar cuando se empieza una formulación del problema epistemológico dando por aceptado que "todo comienza con el análisis del lenguaje". ¿Cómo se pasa de los ruidos (noises) a las palabras? ¿Qué significa la afirmación de que "aprendemos el lenguaje relacionando sus términos con las observaciones de las cuales ellos surgen"? ¿No se había declarado en bancarrota *la noción de observación*?

La propuesta de Quine equivale a dividir la vida del individuo, en lo que respecta al desarrollo del conocimiento, en tres períodos. En el primer período, que va desde el nacimiento hasta la adquisición del lenguaje, parecería que no pasara absolutamente nada significativo. En el segundo período que, en la versión de Quine, involucra la adquisición del lenguaje, el aprendizaje comienza con identificación de palabras asociadas a objetos, a través de lo que Quine designa como "aprendizaje ostensivo" (ostensive learning, p. 41) basado en su "teoría de similitud perceptiva" (theory of perceptual similarity, pp. 16-20) que no es sino una elaboración del más estricto conductismo. La explicación de cómo se aprende el lenguaje es, para Quine, un problema que sólo debe de preocupar al psicólogo. El tercer período estaría ya, desde esa perspectiva, en el dominio del epistemólogo, quien comenzaría su tarea analizando los primeros "enunciados observacionales". Estamos, pues, en presencia de una audaz maniobra de *by pass* que pretende pasar del aprendizaje ostensivo de palabras aisladas, a la formación de enunciados observacionales *ready to use* por el filósofo o el científico, sin intermediaciones.

Queda sin embargo un problema aun más difícil por resolver para la "nueva epistemología" preconizada por Quine, quien había ya llegado a la conclusión de que era necesario dejar de "soñar con deducir la ciencia a partir de los datos sensoriales", debido fundamentalmente a los sucesivos fracasos (a partir de Carnap y Russell entre los más notorios) de llevar a las últimas consecuencias el programa empirista. ¿Podemos ahora soñar con dar cuenta de la lógica y la matemá-

tica a partir de los enunciados observacionales? Quine no nos ilustra acerca de cómo podría lograrse. Nos encontramos nuevamente, como en casos anteriores a lo largo de la historia de la filosofía, con una posición en apariencia sólidamente fundamentada, pero con un "talón de Aquiles" que se llama "lógica". Sin embargo, la situación es más sorprendente, porque tal abandono de los problemas de fundamentación de la "verdad lógica" y de la naturaleza de las matemáticas proviene de Quine, uno de los más altos exponentes de la lógica del siglo, quien aparentemente vuelve a refugiarse en la reducción de la lógica a las reglas del lenguaje, tal como lo propuso el Círculo de Viena.

Cuando damos el salto al tercer período, surgen *ex nihilo* los "enunciados observacionales" y nos encontramos nuevamente con la hipótesis de una base empírica, (aunque ahora no se presente necesariamente como empirista) que no queda explicada. Debe aceptarse que, en este contexto, "empírico" significa simplemente "dado directamente en la experiencia". Pero ¿en la experiencia de quién? No es el caso de analizar una experiencia "pura", sino una experiencia que corresponde a un cierto nivel del desarrollo cognoscitivo.

En este punto, conviene introducir el concepto de *nivel de elaboración del dato empírico*. Para ilustrarlo conviene tomar un ejemplo histórico. Eudoxio (siglo III a. C.) construyó *el primer modelo del sistema planetario* con esferas concéntricas que "ordenaban" bastante bien el movimiento aparentemente errático de los planetas, con lo cual quedaba demostrado, para los griegos, que los astros se movían "en realidad" en órbitas circulares tal como lo habían postulado los grandes filósofos helénicos, en particular Platón. Sus datos empíricos eran las observaciones visuales directas de las posiciones de los astros. Para Kepler (siglo XVI), el dato empírico fueron conjuntos de posiciones de Marte cuidadosamente observadas, con las cuales logró mostrar, después de años de esfuerzos, que configuraban una elipse. Para Newton (siglo XVII), el dato empírico no eran ya las observaciones, sino una curva: la elipse que había logrado construir Kepler después de sus numerosos intentos para *ordenar* las observaciones sobre sucesiones de posiciones de Marte. A partir de esa curva Newton infirió la ley de gravitación. Esta fue sin duda la más famosa "ley empírica"

de la Física Clásica, pero no fue el resultado de una generalización inductiva, ni pudo ser inferida a partir de datos sensoriales. Fue, por el contrario, la genial conjugación de una audaz hipótesis (la atracción gravitatoria) con las leyes generales del movimiento que el propio Newton había formulado previamente. (Véase Apéndice a este capítulo.)

Si pasamos del mundo físico al ámbito de las relaciones sociales el problema es aun más complejo. Para un adulto que nunca tuvo contacto con la psicología, si su amigo se equivoca al dar un nombre por otro, refiriéndose a una tercera persona, el "dato empírico" es un "error" cometido al hablar. Para el psicólogo posterior a Freud, el dato empírico que extrae al oír la misma equivocación es "un acto fallido" cuya interpretación entra en el contexto de su teoría psicológica. En los procesos socio-económicos, el economista toma como "datos empíricos" parámetros que él llama "variables económicas", tales como *ingreso per cápita*, *tasa de desempleo*, *producto bruto*, cuya relación con datos sensoriales o con enunciados observacionales es muy remota.

En los ejemplos que hemos mencionado, los llamados "datos empíricos" presentan distintos niveles de elaboración. Un concepto dado, en un nivel dado, tiene generalmente una historia parcialmente reconstruible. La reconstrucción completa a partir de datos sensoriales es el sueño que hubo que abandonar, según la expresión de Quine. Estrictamente hablando, un empirista sería alguien que sigue con ese sueño. Sin embargo, en la práctica se continúa llamando "empirista" a quien usa esos datos "empíricos" con diversos niveles de elaboración, sin cuestionarse los procesos de conceptualización y las teorizaciones que están involucradas.

La distinción que antes establecí entre ciencia empírica y empirismo, así como la introducción del concepto de "nivel de elaboración" del dato empírico, constituye, a mi modo de ver, una parte fundamental del basamento de una filosofía de la ciencia.

El problema se presenta particularmente claro en las ciencias sociales. El conjunto de conceptualizaciones y teorías acerca de los hechos o fenómenos pertenecientes al dominio particular de la realidad que cada una de las disciplinas se propone explicar (sociología, economía, etc.), se apoyan en

datos empíricos provenientes de muy diversas fuentes (tales como registros, análisis estadísticos, encuestas, crónicas históricas, etc.). Los estudios sociológicos, económicos, históricos, suelen considerar esos datos como algo simplemente *dado* en la experiencia, porque esa es la acepción corriente de *dato* o *información* empírica, con lo cual se les asigna el carácter de ser representativos de una "realidad objetiva", sin tomar conciencia de los niveles de elaboración que están allí involucrados. No es aventurado afirmar que muchas falacias, contradicciones y fracasos de los análisis y predicciones económicas tienen allí su origen.

Un segundo aspecto importante en lo que respecta al sentido y el papel de los datos empíricos en la teoría de la ciencia, estrechamente ligado al anterior pero que no debe confundirse con él, es la relación entre la *teoría* y la *observación*. No se trata aquí del análisis de "lo que la teoría toma de la experiencia como dato observable", sino de la relación entre ambas, que no es directa ni unidireccional. Hasta el momento, me he referido a *niveles de organización* de las observaciones sobre las cuales se establecen conceptualizaciones y teorías, pero a cierto nivel, estas últimas funcionan como *identificadoras* y *seleccionadoras de las observaciones*. En el Apéndice a este capítulo se verá cómo ha funcionado esta relación en el dominio de las ciencias físicas a través de la historia. En el dominio de las ciencias sociales la relación dialéctica entre teoría y datos observacionales es aun más notable. Para mencionar sólo un ejemplo, cuando Max Weber, en su *Ética Protestante*⁷ explica el surgimiento del capitalismo, resulta claro que da importancia prioritaria a ciertos factores muy específicos de la compleja historia del siglo XVII, seleccionando y analizando los datos históricos que considera pertinentes, a los cuales enfoca, y con los cuales teoriza, desde una cierta concepción de la sociedad y de la historia. La explicación que da Weber del surgimiento del capitalismo es fruto de una selección de "datos" históricos realizada a partir de interpretaciones muy elaboradas guiadas por su propia concepción.⁸

Finalmente, es preciso considerar otro aspecto de esta problemática que corresponde a un tema ya abordado en el capítulo 6: la sociogénesis de conceptos y teorías. No se trata de sociología de la ciencia, sino de la sociogénesis del conociemien-

to, es decir, la relación de la teoría, gestada en un momento histórico en una sociedad dada, con la concepción del mundo prevaleciente en ese lugar y tiempo, en el sentido particular que di a dicha relación con la introducción del concepto de *marco epistémico*.

La concepción de marco epistémico fue propuesta para explicar las características particulares que adquirieron las teorías científicas a lo largo de la historia, así como los condicionantes extracientíficos (socio-históricos) que imprimieron esas características a las teorías. Es sobre esa base que considero posible dar respuesta a una preocupación acerca del origen de las conceptualizaciones que utiliza el científico. Einstein ha sido quien formuló con más claridad esa preocupación y quien expresó en forma terminante su posición con respecto a ella. Dicha posición condicionó su reacción frente a la crisis generada en los fundamentos de la Física por el surgimiento de la mecánica cuántica. Su famosa controversia con Bohr a este respecto, que duró 30 años, hasta su muerte (véase capítulo 8), reflejó su concepción de la ciencia física condicionada por su propio marco epistémico, el cual puso un límite infranqueable a su posibilidad de comprender la posición de Bohr con respecto a la teoría cuántica.

En esa histórica polémica nadie cuestionaba las experiencias mismas, ni los datos experimentales. Tampoco se ponía en duda la capacidad de la teoría para describir y aun predecir fenómenos con asombrosa precisión nunca antes imaginada como posible. Se aceptaban los enunciados observacionales basados en los registros de los instrumentos, y no había discusión en calcular todo como lo indica la teoría. Pero el nudo central de la polémica Bohr/Einstein acerca de la *interpretación* de la teoría siguió en pie. Esto es lo que la epistemología debe *explicar*.

Corrientes post-empiristas

Con el colapso del empirismo, la filosofía de la ciencia quedó sin base epistemológica (véase capítulo 1). El empirismo sostenía como indubitable la posibilidad de construir el conocimiento científico a partir de un lenguaje observacional intersubjetivo y neutro, con una interpretación semántica directa,

es decir, con proposiciones *verificables* por observaciones empíricas. Se aceptaba (¡sin demostración!) que las observaciones provenían, en última instancia, de *datos sensoriales* referidos a experiencias perceptivas libres de toda interpretación.

F. Suppe, en una obra que tuvo gran trascendencia, define "dato sensorial" de una manera muy gráfica.

Un dato sensorial es, *grosso modo*, una imagen fenoménica que puede ser percibida directamente de tal manera que sus cualidades sean conocidas sin que sean susceptibles de corrección.⁹

Además de esta concepción sobre la existencia de datos sensoriales "puros", el empirismo de mediados del siglo xx adoptó en general, dentro de sus marcos conceptuales, una distinción, introducida por Reichenbach,¹⁰ entre lo que se llamó "contexto de descubrimiento" y "contexto de justificación" (dicotomía 2b antes citada). El primero se refería a la forma en que un concepto, explicación o teoría científica se introdujo en la ciencia. Su análisis, sostuvieron los empiristas siguiendo a Reichenbach, no concierne al filósofo de la ciencia, sino al historiador y al psicólogo, porque la filosofía de la ciencia sólo se debe ocupar de cómo las aserciones que hacen los científicos pueden ser *justificadas* con una metodología rigurosa basada en una *reconstrucción racional* que ignora la génesis de las teorías. Esta posición dominó la filosofía de la ciencia por largo tiempo, pese a las reacciones que se fueron generando.

Las críticas que surgieron se centraron fundamentalmente en la concepción de ciencia allí involucrada, que no era sostenible históricamente. Las posiciones que se presentaron como alternativas apuntaron hacia diferentes direcciones. En la obra ya citada de F. Suppe se analizan tres de los autores que han tenido más influencia en las décadas de 1960 y 1970: Toulmin, Russell Hanson y Kuhn. Suppe los agrupa en una sección titulada *Weltanschauungen Analyses*, en la cual sintetiza así su posición:

La completa comprensión epistémica de las teorías científicas sólo puede obtenerse observando la dinámica del desarrollo de las teorías, la aceptación y rechazo de las teorías, la elección de cuáles experimentos deben realizarse, etc. Comprender una teoría es comprender su uso y desarrollo.¹¹

Esos tres autores prestan mucha atención a la historia de la ciencia y a los factores sociológicos que influyeron en las concepciones de los científicos, cuya importancia para comprender el desarrollo de la ciencia es indudable. Está claro, sin embargo, que el análisis queda incompleto, por cuanto *los problemas epistemológicos* que están en la base *han sido soslayados* (véase capítulo 6).

Luego de un período de auge de esas posiciones, las críticas provenientes de diversos sectores, sin prestar atención a sus carencias epistemológicas, las objetaron por concebir el conocimiento científico como “un fenómeno social en el cual la ciencia se reduce a una empresa subjetiva y, en diversos grados irracional”.¹²

Las tendencias posteriores de la Filosofía de la Ciencia se presentaron como posiciones intermediarias entre el positivismo lógico y los sostenedores del “Weltanschauung Analyses”. Del positivismo rechazan su análisis estático del conocimiento científico, y su tajante oposición entre lenguaje observacional y lenguaje teórico, pero reconocen sus contribuciones a la lógica de las teorías. De las “Weltanschauung” aceptan la relevancia de los estudios históricos de las teorías, pero les reprochan el carácter subjetivista de sus interpretaciones, además de una concepción casi irracionalista sobre el desarrollo de la ciencia. En ningún caso se pone en tela de juicio la raíz empirista de una y otra posición.

Dichas “nuevas tendencias” de la Filosofía de la Ciencia centraron el análisis en temas considerados como esenciales para comprender “la naturaleza” de la ciencia: la función de las teorías, los diversos aspectos del razonamiento científico, el concepto de “explicación”, las características del desarrollo del conocimiento científico (scientific growth), la objetividad de la ciencia, y con ella, el tema central del *realismo* implícito en la actividad científica. Dentro de esas tendencias que llamaremos “post-kuhnyanas”, uno de los autores que ha tenido mayor influencia es, sin duda, Dudley Shapere. Su interés primordial ha sido esclarecer los procedimientos de la práctica científica tal como se presentan en la historia de las teorías. Shapere pone énfasis en las peculiaridades de lo que él denomina “reasoning patterns” (modelos o diseños de razonamiento), a través de los cuales considera que se pone en evidencia la

naturaleza del conocimiento científico. Ese tipo de exploración es absolutamente necesaria para establecer los fundamentos de una filosofía de la ciencia. Sin embargo, Shapere introduce además una suposición que difícilmente surge sin más de la historia de la ciencia. Según Shapere, la formulación de sus "reasoning patterns" no requiere "ninguna referencia a factores psicológicos o sociológicos, y su forma de operación en casos concretos es, o por lo menos puede ser, independiente de esos factores"¹³ (p. 564). Shapere insiste en que la referencia a "Weltanschauung Analyses", "destruye la objetividad del conocimiento científico, torna subjetivo e irracional al conocimiento, y lo reduce a prejuicios (sic) de grupos socio-culturales" (p. 700).

La breve descripción que he expuesto de las etapas por las cuales pasó la Filosofía de la Ciencia a lo largo del siglo, corresponde fundamentalmente al mundo anglosajón, con influencia dominante en América latina. La filosofía que suele llamarse "continental" en Europa, requeriría un análisis independiente.

Las tendencias actuales revelan claramente, como ya lo hemos reiterado, la orfandad epistemológica en la cual quedó la ciencia luego del colapso del empirismo. Corresponde ahora preguntarse cuáles son las características de una filosofía de la ciencia basada en la teoría del conocimiento que se ha presentado en esta obra.

Considero que la propuesta de una Filosofía de la Ciencia constructivista tiene su fundamentación en dos tipos de *procesos constructivos*:

- a) la lógica natural que utiliza el adulto en el lenguaje común,
- b) los conceptos básicos de la llamada ciencia empírica: espacio, tiempo, causalidad.

En los capítulos precedentes hemos dado ya las bases sobre las cuales se asientan dichas construcciones. Aquí presentamos una síntesis enfocada en sus implicaciones para la conceptualización de la ciencia, para lo cual es necesario comenzar por el análisis del concepto mismo de explicación científica.

El concepto de explicación

El test final de una teoría epistemológica y, por ende, de una filosofía de la ciencia, está en su capacidad para dar cuenta del poder de explicación de las teorías científicas: ¿qué es lo que ellas explican?, ¿cómo lo explican?, ¿en qué consiste explicar? Veamos cuáles son las respuestas del construccionismo.

Cuando se trata de dar cuenta de un fenómeno dado, o de la ocurrencia de una situación, el procedimiento corriente consiste en formular una serie de inferencias, mostrando que se puede establecer un proceso que vincula el fenómeno o la situación dada —llamémosla B— con una situación antecedente A, que es conocida. En tal caso se dice que se ha establecido una relación *causal* AB. En las ciencias empíricas se suele aceptar que “explicar” equivale a establecer relaciones causales. Sin embargo, afirmar simplemente que hay una relación entre la causa A y el efecto B no es por sí mismo una explicación. Esto quedó claro en el siglo XVIII después del análisis definitivo que hizo Hume sobre el problema de las generalizaciones inductivas. La observación y la experimentación sólo pueden revelar sucesiones temporales, pero los vínculos causales no son observables.

Las sucesiones temporales repetidas conducen, por generalización inductiva, a formular *leyes generales* que tienen carácter descriptivo pero no explicativo. Esas leyes empíricas involucran una hipótesis basada en la suposición que los desplazamientos, las velocidades y los cambios cualitativos observados no son sino manifestaciones exteriores de una relación causal existente en el mundo real de los objetos, las cuales desbordan la frontera de lo observable y sólo pueden reconstruirse por inferencias. Esas inferencias suelen aclarar aspectos parciales de las relaciones causales establecidas vía inductiva, y es frecuente que se ofrezcan como “explicaciones”. Daremos un ejemplo específico, tomado de libros de texto de uso corriente en escuelas secundarias. Allí se les suele decir a los alumnos que el descubrimiento de la “ley de gravitación” le permitió a Newton explicar por qué los planetas giran alrededor del Sol. La causa de la órbita de la Tierra alrededor del Sol residiría en la *fuerza de atracción* gravitacional que ejerce el Sol sobre la Tierra. Así enunciada, esta supuesta explicación es

obviamente errónea: si existiera solamente esa fuerza de atracción, la Tierra, como los demás planetas que hubieran sido lanzados al espacio, hubieran caído al Sol y, por lo tanto, no existiría un sistema planetario.

La historia de la teoría newtoniana fue en realidad muy diferente. Cuando Newton postuló la ley de atracción gravitatoria entre la masa del Sol y la masa de los planetas, ya había formulado su teoría de la mecánica, con *las leyes del movimiento*. Pero anteriormente Kepler, en un minucioso análisis (que le llevó ocho años) de las observaciones astronómicas sobre posiciones sucesivas de los planetas (en particular, Marte), había formulado lo que luego se llamaron "las tres leyes de Kepler".¹⁴ Esas leyes fueron magníficas *descripciones*, muy precisas, de las trayectorias de los planetas (la forma elíptica de las órbitas y las relaciones entre las velocidades y las distancias al Sol). La explicación general de Newton se desarrolló en tres pasos, con dos postulados y una inferencia. Era necesario:

a) Postular que, si los planetas no se movían en línea recta, era porque actuaba sobre ellos una fuerza (principio de inercia).

b) Postular que, si los planetas se movían en órbitas alrededor del Sol, era por que se ejercía sobre ellos una fuerza que actuaba constantemente en la dirección del Sol.

c) Inferir, por un razonamiento simple, cuál sería la forma matemática que podría tener dicha fuerza supuesto que sólo actuara entre el Sol y un planeta (ley de gravitación).

Cuando Newton introdujo la formulación matemática de la ley de gravitación en la ecuación que representaba su segunda ley del movimiento (fuerza igual a masa por aceleración) obtuvo, por *integración* (con sorpresa y gran emoción, según relatos históricos), la ecuación de una elipse que era la curva obtenida por Kepler en su análisis de las observaciones de Marte.

Por eso decimos que la teoría de Newton *explica* las trayectorias de los planetas, es decir, *da cuenta* de las leyes empíricas de Kepler. Este ejemplo es representativo de la concepción constructivista de la explicación científica.

La explicación newtoniana comprende dos situaciones que pertenecen a diferentes dominios:

Situación A: la tercera ley de Kepler (dominio empírico).

Las *observaciones* astronómicas analizadas por Kepler mostraron que las sucesivas posiciones del planeta Marte eran interpretables como una trayectoria que describía una elipse. De allí generalizó su ley según la cual los planetas giran alrededor del sol en órbitas elípticas (no circulares como se pensaba desde la época de los griegos).

Situación B: la ley de gravitación universal propuesta por Newton (dominio teórico).

Newton formuló, como hipótesis, la ley según la cual, si los planetas permanecen girando alrededor del Sol, es porque este ejerce una fuerza de atracción sobre aquellos, e infirió cuál sería la forma más simple que podría tener una fórmula que representara dicha ley. Pero Newton ya había desarrollado su teoría de la mecánica y, en particular, su segunda ley del movimiento, expresada por la ecuación: fuerza igual a masa por aceleración. El paso final fue introducido en la ecuación del movimiento, como valor de la fuerza, la fórmula que expresaba la ley de gravitación. Mediante un método de cálculo que él mismo había desarrollado, resolvió la ecuación y obtuvo como resultado una fórmula que representa una *elipse*.

La comparación entre ambas situaciones, A y B, (empírica y teórica) permitió afirmar que Newton había *explicado* por qué los planetas giran en órbitas elípticas alrededor del Sol.

En conclusión:

a) La explicación newtoniana no descansó en la ley de gravitación, sino en el rol que jugó esa ley dentro de la teoría del movimiento involucrada en el sistema general de la mecánica. *La capacidad explicativa residió en el sistema, no en la ley aislada.*

b) La ley de gravitación, aislada, no pasaba de ser una hipótesis plausible que establecía una posible *relación causal*, sin poder demostrativo.

c) La teoría newtoniana del movimiento, con dicha ley incorporada, confirió a la relación causal el carácter de relación necesaria, en tanto entró a formar parte de un sistema deductivo lógico-matemático en el cual las relaciones de implicación son *lógicamente necesarias*.

d) La explicación significó, por consiguiente, conferirle una “existencia real” a la fuerza de atracción gravitatoria, lo cual equivale a aceptar (o hipotetizar) que las relaciones lógico-matemáticas involucradas en las teorías científicas tienen una *contraparte ontológica* en la realidad física.

e) Para la epistemología constructivista, este concepto de explicación basado en la *atribución*, a las relaciones empíricas, de las conexiones necesarias que se verifican en las estructuras lógico-matemáticas de las teorías científicas, constituye la base más sólida para fundamentar la construcción del concepto de *realidad*.

La construcción de la realidad

En las precedentes conclusiones —en particular, en (d)— he utilizado la expresión *contraparte ontológica*, con lo cual llegamos al punto crucial de la filosofía de la ciencia: la relación entre *epistemología* y *ontología*. Adoptaremos, en principio, para comenzar el análisis, una de las sintéticas fórmulas de Bertrand Russell: “En ontología yo parto de la aceptación de la verdad de la física; en epistemología, me pregunto: ¿dada la verdad de la física, qué puede significar para un organismo tener ‘conocimiento’?, y ¿qué conocimiento puede tener?”.¹⁵

Tal caracterización de la ontología requeriría aclarar qué significa “la verdad de la física”. Aquí se plantea un problema que el propio Russell había formulado con inigualable agudeza, y que se puede enunciar en dos pasos:

i) En *Análisis de la materia*¹⁶ Russell afirma que “la evidencia de la verdad de la física está en que nuestras percepciones ocurren como las leyes de la física nos conducirían a esperar, por ejemplo, vemos un eclipse cuando los astrónomos nos dicen que habrá un eclipse” (p. 7).

ii) En cuanto al problema epistemológico, Russell lo enuncia así:

Aceptando la verdad de la física, y conociendo, por medios diferentes de los de la física, ciertas experiencias que son comúnmente designadas como “ver el Sol”, ¿cuál es la relación entre estas experiencias y el Sol?¹⁷

El propio Russell, con su proverbial agudeza, asesta un golpe mortal a la posición del “realismo ingenuo” según la cual las cosas del mundo físico son como las percibimos a través de nuestros sentidos. En *Investigaciones sobre significado y verdad*, Russell afirma:

Pensamos que el pasto es verde, las piedras son duras, y que la nieve es fría. Pero la física nos asegura que el color verde del pasto, la dureza de las piedras y la frialdad de la nieve, no son el verdor, la dureza y la frialdad que conocemos en nuestra experiencia, sino algo muy diferente (...) Parecería que la ciencia está en guerra consigo misma (...) El realismo ingenuo conduce a la física, y la física, si es cierta, demuestra que el realismo ingenuo es falso. Por consiguiente el realismo ingenuo, si es cierto, es falso; por consiguiente es falso.¹⁸

En las dos obras mencionadas, Russell se empeñó en encontrar una salida para este dilema. La solución que propone en *Análisis de la materia* —y que no modificó a través de sus obras—, es que nuestro conocimiento del mundo físico es sólo un conocimiento de estructuras. La argumentación que ofrece en su última obra filosófica¹⁹ es muy sólida, pero el empirismo al cual se aferra Russell, pese a reconocer sus “límites”,²⁰ lo deja sin base al no poder establecer cuál es el camino que conduce de las percepciones a las estructuras lógicas. La propuesta del construccionismo (que permite retomar muchos de los planteos de Russell) hace posible superar estas dificultades.

Notas

¹ Piaget (1990).

² Weitz (1944).

³ *Op. cit.*, pp. 101-102.

⁴ Russell (1944 a), p. 684.

⁵ Weitz (1944), p. 103.

⁶ Quine (1973).

⁷ Weber (1993).

⁸ Véase capítulo 6, sobre la posición de Weber y su análisis desde la epistemología constructivista, Gil (1997).

⁹ “A sens datum, roughly speaking is a phenomenal image wich can be

directly perceived in such a way that its qualities are incorrigibly known", Suppe (1977), p. 153.

¹⁰ Reichenbach (1938).

¹¹ "Full epistemic understanding of scientific theories could only had be seeing the dynamics of theory development, the acceptance and rejection of theories, the choosing of which experiments to perform, and so on. To understand o theory was to understand its use and development."

¹² Suppe (1977), p. 705.

¹³ Suppe (1977).

¹⁴ En el capítulo 6 señalé que el término "ley" no se aplicaba a los fenómenos naturales en la época de Kepler.

¹⁵ Russell (1944 a), p. 700.

¹⁶ Russell (1954).

¹⁷ Russell (1944 a), p. 703.

¹⁸ Russell (1927), pp. 14-15.

¹⁹ Russell (1944 b).

²⁰ *Op. cit.*, capítulo X: "Los límites del empirismo".

Apéndice al capítulo 7

Teorías y observaciones en el conocimiento del mundo físico¹

El sistema del mundo

La palabra *mundo* (del latín *mundus*) se utilizó en el mismo sentido del término griego *cosmos*, que originariamente significaba orden y designaba al universo considerado como el conjunto que estaba compuesto por la Tierra, la Luna, el Sol y los demás astros. Ese conjunto se suponía bien ordenado por ser de origen divino. *El sistema del mundo* era, en su acepción primitiva, el sistema bien ordenado que forman la Tierra y los astros. La teoría de los movimientos planetarios que surgía de ese sistema se llamó *cosmología*.

Los griegos heredaron de civilizaciones anteriores —egipcios, asirios, caldeos, hindúes— los intentos (¿teorías?) de descifrar el orden subyacente en la apariencia visible de las complicadas trayectorias de los astros.

Las más importantes contribuciones científicas de los griegos fueron sin duda en el campo de las matemáticas y de la mecánica, donde sobresalen los nombres de Euclides y de Arquímedes con aportes que perduraron a través de los siglos. Pero ya antes de ellos, con los pitagóricos y con Platón, la geometría había sido entronizada como la ciencia que permitía interpretar el mundo. No puede sorprender, por consiguiente, que la cosmología se plantee como un problema geométrico. Y ese planteo dio lugar a la *primera teoría física formulada con precisión* (aunque con premisas que nadie pudo demostrar,

durante siglos, que eran falsas). Veamos cómo la formuló Platón.

El tema está tratado extensamente, aunque de manera muy intrincada, en varios de los famosos diálogos de Platón, particularmente el *Timeo*, pero está más claramente expuesto por Simplicio, uno de los grandes comentaristas de las obras de Platón y de Aristóteles, de la siguiente manera: Platón admitía como principio que los cuerpos celestes se mueven con un movimiento circular uniforme y propuso a los matemáticos este problema: ¿cuáles movimientos circulares y perfectamente regulares conviene adoptar como hipótesis a fin de que se puedan “salvar las apariencias” presentadas por los astros errantes? (En adelante me referiré a esta propuesta como *el problema de Platón*.)

Para entender el problema de Platón debemos tener en cuenta algunos antecedentes. Los griegos habían observado que el Sol, la Luna y los cinco planetas conocidos entonces, describían trayectorias muy complicadas, por lo cual se les llamaba “astros errantes”, sobre un fondo de estrellas fijas. Platón concibe, siguiendo la tradición pitagórica, que esos movimientos son “apariencias” de una realidad que debe ser necesariamente perfecta por ser obra divina. Como la única figura perfecta es el círculo, debe suponerse que esos movimientos en apariencia erráticos resultan de la composición de un cierto número de movimientos circulares y uniformes. El hecho extraordinario es que esta suposición, *adoptada como principio*, está en la base de todas las cosmologías durante los 2000 años que van de Platón a Kepler.

El problema de Platón se completa con otra suposición. Esos movimientos circulares uniformes cuya composición debería ser hecha de tal manera que finalmente representara adecuadamente las trayectorias aparentes de los astros, según las observaciones astronómicas (a ello se le llamó “salvar las apariencias”), deberían ser homocéntricos y tener como centro común a la Tierra.

El primer astrónomo que acometió la empresa de responder al desafío de Platón fue Eudoxio. La escrupulosidad de Eudoxio queda de manifiesto en el hecho de que viaja a Egipto para obtener los mejores datos observacionales disponibles. Eudoxio encuentra en Heliópolis y en Menphis observaciones

más precisas que las que tenían los griegos y con registros que cubrían períodos más extensos. De allí sacó las trayectorias “aparentes” de los astros. Luego, con una extraordinaria ingeniosidad construye un modelo de esferas concéntricas que respondían, en primera aproximación, al problema de Platón. El modelo sufrió modificaciones y perfeccionamientos. El tema es retomado por Aristóteles quien, aun cuando tenía una concepción epistemológica muy diferente de la de Platón, compartía las premisas básicas y por consiguiente continuó desarrollando esa misma cosmología.

En su *Tratado del cielo* (*De Caelo*), Aristóteles enuncia lo que podemos considerar como los axiomas o “primeros principios” en los que basa su cosmología y que dominarían toda la astronomía antigua: la esfera celeste es eterna, incapaz de alteración o de corrupción y por consiguiente el único movimiento que puede tener, el único que puede seguir indefinidamente permaneciendo siempre idéntico a sí mismo, es el movimiento de rotación uniforme. Sin embargo, todo cuerpo animado de un movimiento de rotación gira necesariamente alrededor de un punto fijo. Pero lo que es inmóvil no es un simple punto geométrico sino que debe ser una porción de materia de cierta extensión, es decir, un cuerpo. Por otra parte, un razonamiento puramente metafísico lleva a Aristóteles a la afirmación de que ese cuerpo no puede ser de la sustancia incorruptible de los cielos. De aquí concluye, dando un salto audaz en su razonamiento: “Es necesario que la Tierra exista”.

Pero Aristóteles no se queda, como Platón, en el mundo de las ideas. Su posición filosófica le obliga a buscar “evidencias empíricas” para sostener sus “principios”, ¡y las encuentra!

Su principal argumento fue que si la Tierra no permaneciera en el centro del universo y se desplazara como los cuerpos celestes (el Sol, la Luna y los planetas), entonces se producirían cambios de posición de las estrellas fijas, lo cual no ocurre. Una misma estrella se levanta siempre en un mismo lugar del horizonte, y se acuesta en otro lugar, siempre el mismo. La ausencia de lo que hoy llamamos paralaje² de las estrellas fue el argumento más poderoso que se opuso (hasta el siglo XVI) a toda cosmología que concibiera a la Tierra desplazándose fuera del centro del mundo.

Además de ese argumento en contra del *desplazamiento* de la Tierra, había también “evidencias empíricas” contra la idea de un movimiento de *rotación*. Los griegos tenían bien claro que es mucho más simple un modelo en el cual la Tierra gire sobre su eje, que un modelo con la Tierra inmóvil. De hecho, Heráclido del Ponto, contemporáneo de Aristóteles, y Aristarco de Samos, un siglo más tarde, consideraban la Tierra como un planeta dotado de los mismos movimientos que los demás e imaginaron un sistema planetario heliocéntrico, pero no pudieron refutar las objeciones de Aristóteles.

El mismo Ptolomeo, cuando formuló en detalle su sistema geocéntrico, señaló que era igualmente posible explicar el movimiento diurno del cielo mediante una rotación de la Tierra en torno de su eje, o bien mediante una rotación de las estrellas fijas en torno de la Tierra. Sin embargo, rechazó la primera alternativa con dos argumentos que fueron considerados definitivos en los siglos siguientes:

a) Si la Tierra rotase realmente hacia el oriente, lo cual sería necesario para explicar el movimiento de la esfera celeste hacia occidente, una piedra lanzada verticalmente hacia arriba debía caer al occidente del punto de partida, puesto que en el intervalo entre el ascenso y el descenso la Tierra habría rotado hacia el oriente.

b) Por otra parte, deberíamos ver las nubes y los pájaros desplazándose a gran velocidad hacia el occidente, puesto que no podrían compensar la velocidad de rotación de la Tierra.

No es sorprendente que tanto los griegos como la ciencia del Medioevo y del Renacimiento adoptaran firmemente la teoría geocéntrica primero formulada con precisión por Platón y Aristóteles, y luego por Ptolomeo.³ Esa teoría *tenía una base empírica*, es decir, era fruto de observaciones muy minuciosas, y no podía ser refutada con más observaciones, ni con observaciones más precisas. Efectivamente *no fue por la vía empírica que la teoría geocéntrica fue refutada*.

Es cierto que el invento del telescopio proveyó elementos para esa refutación cuando se determinó por primera vez el paralaje de la estrella más cercana, confirmando así *empíricamente* el desplazamiento de la Tierra, pero eso ocurrió a comienzos del siglo XIX, más de un siglo después que la teoría geocéntrica había sido definitivamente abandonada.

Si no fue por la vía de la observación y la experimentación, ¿en qué consistió el cambio que se produjo en los siglos XVI y XVII? Aquí entró en juego un nuevo factor que llevó a la reorganización del conocimiento: *un cambio en la concepción del mundo* que obligó a redimensionar el Universo, relativizar el movimiento e introducir en *la teoría del movimiento* nuevos conceptos que permitieran explicar su *dinámica*. Pero eso requirió siglos. Veamos cuál fue el proceso.

Recién en el siglo XVI se abre paso el sistema heliocéntrico, con Copérnico. Pero curiosamente no es Copérnico quien logra fundamentar su sistema. Es Giordano Bruno, el más importante filósofo del Renacimiento, quien se encarga de ello.

Antes de que la Santa Inquisición lo pusiera en la hoguera, con la piadosa intención de purificar con el fuego su alma herética, Bruno dejó claras muestras de su capacidad teórica al dar cuenta de las dos poderosas objeciones, arriba mencionadas, contra las ideas de desplazamiento y de rotación de la Tierra.

En primer lugar, razona con admirable lucidez acerca de los astros y sus trayectorias, y cobra clara conciencia de la relatividad del movimiento. El movimiento no es concebido por Bruno si no es con relación a algún punto que se considere fijo. Por eso puede afirmar que el mismo movimiento debe aparecer como diferente cuando se lo considera con respecto a la Tierra, o con respecto al Sol, o con respecto a otro planeta. “El lugar donde yo me coloque para observar—afirma— parecerá siempre para mí un punto inmóvil.” Y una vez más se adelanta a su tiempo cuando insiste en que no puede haber certeza alguna de que algo esté en reposo o en movimiento, considerado en forma absoluta.

Bruno hizo, además, dos contribuciones importantes. Por una parte, *agrandó el Universo*. En su texto *Sobre el infinito universo y los mundos*, si bien hace el gran elogio de Copérnico, demuestra que no tiene sentido poner fronteras absolutas al Universo, ni mantener que hay “esferas fijas”. Al hacer “retroceder” a las estrellas en la inmensidad del espacio, desaparecía la objeción sostenida desde los griegos con respecto al movimiento de traslación de la Tierra, por cuanto a tales enormes distancias el paralaje de las estrellas tenía que ser imperceptible. Y fue efectivamente así: la primera determinación del paralaje de una estrella, mencionada más arriba, fue hecha en 1838 y dio por resultado ¡un segundo de arco!

Por otra parte, Bruno da una respuesta contra la objeción a la rotación, con la cual se anticipa a Galileo y a Newton en la concepción, todavía rudimentaria, de la inercia de la materia. En efecto, rechaza la idea de que objetos que caen a la Tierra, si esta rotara, deberían apartarse de la vertical del lugar, aduciendo que una piedra arrojada desde lo alto de un mástil caerá al pie de ese mástil, porque la piedra tendrá una fuerza *impresa* (*virtus impressa*) que le hace participar del movimiento de la Tierra.⁴

Al despejar las objeciones hechas durante siglos en contra del movimiento de la Tierra, Bruno logra afianzar sólidamente la teoría copernicana. Pero no obtuvo ese logro porque contara con nuevos datos empíricos o experimentales, o nuevos instrumentos de observación, sino a partir de nuevas concepciones (teorías) que permitieron *reinterpretar los viejos datos empíricos*, los cuales pasaron así, automáticamente, a *validar* las nuevas teorías.

Aclaremos esta última observación. La ausencia de paralaje en las estrellas había sido tomada como *prueba de que la Tierra no se desplazaba*. En la nueva concepción, el hecho de que el paralaje *no fuera perceptible* era considerada *prueba* de la inmensidad del Universo.

Saltemos ahora a la segunda mitad del siglo xvii. Con Newton, la construcción de la teoría física adquiere una nueva dimensión y ahí culmina la Revolución Científica.

El material empírico sobre el cual trabaja Newton no son los datos observacionales. Ese material había pasado por etapas previas. La teoría heliocéntrica de Copérnico estaba suficientemente asentada, aunque no tuviera aceptación general y faltara mucho para considerarla como una teoría bien fundada. En particular, Copérnico mantenía como absolutamente indiscutible el *axioma* de las órbitas circulares de los astros (también Galileo lo aceptaba sin cuestionarlo).

La siguiente etapa es de trabajo empírico, que en cosmología es observacional. Tycho Brahe, astrónomo danés establecido en Praga, acumula un impresionante número de observaciones muy precisas, especialmente sobre uno de los planetas: Marte. Brahe no tiene capacidad teórica, pero el mismo año que ejecutaron a Bruno (1600) invita a Kepler a trabajar en su observatorio. Muere un año después y deja a Kepler con todo

ese rico material. Viene aquí otra etapa del proceso. Kepler se dedica a la tarea de *organizar* esas observaciones y verifica que las observaciones sobre Marte no se podían ajustar a una órbita circular. Le lleva años mostrar que esas observaciones sí se acomodaban bien sobre una elipse, y esta es una de las rupturas epistemológicas más espectaculares de la historia, porque derrumbó la utilización, en las ciencias de la naturaleza, de preconceptos basados en dogmas como el de la perfección de la obra divina, que implicaba la *necesidad* de los movimientos circulares de los astros.

Esta etapa termina en la formulación de lo que hoy llamamos *las tres leyes de Kepler* sobre las órbitas planetarias. Newton comienza su trabajo a partir de allí. Nótese bien que su *material empírico* no son ahora observaciones, sino una curva (una elipse) que representa la trayectoria de un planeta.

El proceso que va de las precisas observaciones de Tycho Brahe a las leyes de Kepler, y de allí a la explicación de las órbitas planetarias por Newton, constituye —utilizando un término que está de moda— el *paradigma* erigido por la Revolución Científica del siglo xvii de cómo tendría que ser, en adelante, una explicación científica. Esto está, obviamente, muy lejos del inductivismo de Francis Bacon y sus seguidores.

El vacío

El problema más escabroso que debió enfrentar toda cosmología ha sido responder a la pregunta: ¿qué es lo que hay *entre* los astros? No fue sólo un problema de “los antiguos”. Es un problema que reapareció periódicamente y que está presente aún en nuestros días.

Las respuestas que se han dado a lo largo de la historia han sido dictadas *en todos los casos* por las teorías que imperaban en esos momentos, las que alternativamente requerían la hipótesis del vacío, o bien postulaban la existencia de un medio *invisible* y con propiedades que establecía la misma teoría.

Esto se ve claramente en Aristóteles. La teoría del movimiento de Aristóteles se basa en el principio según el cual todo cuerpo en movimiento está sometido a dos fuerzas: la *potencia* o *motor* y la *resistencia*. Si no hubiera una potencia que se ejerce sobre él, el cuerpo no se movería; si su movimiento no

encontrara resistencia el movimiento sería instantáneo. La velocidad con la cual debería moverse dependería, entonces, de la relación entre la potencia y la resistencia, y la única relación que maneja Aristóteles es la proporcionalidad. Pasemos por alto la contradicción en que cae la teoría cuando al aumentar la resistencia, se hace igual a la potencia y el cuerpo se detiene, puesto que allí dejaría de haber proporcionalidad.

Lo que importa para nuestro tema es la consecuencia que Aristóteles se ve obligado a aceptar a partir de esa teoría del movimiento. En sus propias palabras: "nada se podría mover si existiera el vacío". En efecto, dice Aristóteles, "el vacío, en tanto es vacío, no presenta ninguna diferencia", y no habría razón para que un cuerpo se moviera en una dirección y no en otra.

Las discusiones sobre la existencia o inexistencia del vacío ocupan un lugar importante en la filosofía griega. Los estoicos aceptan la posibilidad del vacío y en particular Filopon refuta los argumentos de Aristóteles sobre la base de que un cuerpo pesado que cae (una piedra), o un cuerpo liviano que sube (el aire o el fuego), lo hacen en virtud de una propiedad que es inherente a ellos y no por acción de algún agente externo. Por consiguiente, caerán, o subirán, también si hay vacío.

En todas estas discusiones entran, de manera difusa, las ideas sobre el espacio cuya concepción se va diseñando lentamente y de manera muy compleja.

Si saltamos de la antigua Grecia al siglo xvii, al momento del apogeo mismo de la Revolución Científica, la discusión se repite en términos similares. Sus protagonistas son ahora Descartes y Newton. El primero niega el vacío, el segundo lo afirma. En ambos casos, *la aceptación o el rechazo del vacío se debe a exigencias de la teoría del movimiento que cada uno de ellos mantiene.*

La concepción de Descartes requiere la aplicación directa, por contacto, de una fuerza que produzca o modifique el movimiento. Por eso el universo que describe Descartes está lleno de una materia sutil, pero en perpetuo movimiento en la forma de torbellinos que ejercen presión, se complementan o se neutralizan. Esta célebre teoría turbillonaria desarrollada con gran ingeniosidad, daba explicaciones de todos los fenómenos relativos a los movimientos de los planetas y cometas, a las

mareas y aun a la forma de la Tierra. De hecho, Descartes es considerado el iniciador de la filosofía moderna, porque crea el primer sistema filosófico completo que sustituirá al sistema aristotélico.

La teoría de Newton, que hemos referido en la sección precedente, estaba basada en una fuerza de atracción que ejercerían los cuerpos entre sí, en proporción de sus masas, sin intermediario alguno entre ellos. De ahí surge la postulación del vacío interplanetario, pero queda el preocupante problema de las acciones a distancia.

La fuerza y el movimiento

En las secciones precedentes hemos procurado poner de manifiesto que los cambios de concepción acerca del *sistema del mundo* y de la existencia o no existencia del vacío, se debieron a cambios en las teorías sustentadas acerca del movimiento y de las fuerzas que lo generan.

En los veinte siglos que van desde Aristóteles hasta Descartes, el movimiento era concebido, según hemos visto, como producido por la acción de una fuerza (que Aristóteles llama potencia), lo cual requería el contacto directo entre el agente que genera la fuerza y el cuerpo que se mueve por su acción. El cambio de concepción que se produce con la Revolución Científica del siglo XVII está centrado en este punto. En un proceso al cual contribuyen Galileo y Descartes, pero que culmina con Newton, tiene lugar una completa reconceptualización de las nociones de fuerza y de movimiento.

En la teoría aristotélica, la fuerza *produce* el movimiento y *determina su velocidad*. En la nueva concepción, la fuerza *modifica* el movimiento y *determina la aceleración* (aumento o disminución de la velocidad o cambio de dirección). En esto consistió la idea revolucionaria de la *ley de inercia* según la cual el movimiento rectilíneo con velocidad constante es un *estado equivalente al reposo*, que no requiere la acción de ninguna fuerza para continuar indefinidamente. Nótese bien el grado de abstracción necesario para llegar a esta *ley*, en aparente contradicción con la experiencia cotidiana que había sido la base sobre la cual apoyó Aristóteles su teoría. Ningún tipo de generalización inductiva pudo conducir a dicha ley, que Newton

llamó también *axioma*, con una clara referencia a la geometría de Euclides en quien se había inspirado para construir su mecánica.

Aquí debemos detenernos un poco para reflexionar sobre lo que acabamos de decir: “contradicción con la experiencia cotidiana”. La ley de inercia y la ley de gravitación (con su acción a distancia) constituyen el gran salto conceptual, verdaderamente revolucionario que se da en el siglo xvii. Y no fue fácil asimilar ese proceso ni aun por los grandes pensadores de la época. La teoría del movimiento de Aristóteles, así como la teoría de los torbellinos de Descartes eran *intuitivas*, es decir, uno podía imaginar, podía representarse las acciones directas entre los cuerpos o entre los torbellinos. Por eso los dos científicos que junto con Newton son quizá los más importantes de la época —Huygens y Leibniz— se siguen aferrando al sistema de Descartes aun después de la publicación del *Principia* de Newton, no obstante la fuerte impresión que causó dicho libro. No podían aceptar esa “fuerza de gravedad” ejercida a distancia. Los franceses, entre ellos los miembros de la Academia de Ciencias, se adhirieron a la teoría de Descartes, a pesar de sus complicaciones y dificultades, porque esa atracción gravitatoria ejercida a distancia parecía absolutamente inexplicable y fantástica... y en realidad lo era. Pero las objeciones que hizo Newton contra la teoría cartesiana, mostrando de manera convincente que sus explicaciones eran erróneas, mientras que las predicciones realizadas con su teoría de la gravitación universal y sus leyes del movimiento se corroboraban en los más diversos dominios, terminó por convencer a los más recalcitrantes cartesianos. Sin embargo, el proceso fue largo. El *Principia* de Newton tardó treinta años en ser traducido al francés, y la traducción fue impulsada por un filósofo —Voltaire— quien en su viaje a Londres se había convertido, según su propia expresión, en “el más firme newtoniano del mundo”.

La teoría de Newton triunfó plenamente y se aceptó (sin explicación) que la atracción de la gravedad es una fuerza que se ejerce a distancia sin ninguna intermediación.

Newton tenía muy claro, y así lo dijo en su correspondencia con otros científicos de su época, que él no podía explicar *la causa* de esa fuerza. El sólo podía afirmar que el movimiento

tenía lugar “como si hubiera una fuerza” que actuaba sobre la materia. Fue necesario llegar hasta el siglo xx para que Einstein, con su teoría de la relatividad, pudiera dar una explicación que significaba la eliminación de acciones a distancia y de la supuesta “fuerza de gravedad”.

Mientras tanto se aceptó la existencia del vacío, al que pronto sería necesario volver a “poblar” aunque por razones diferentes.

En el siglo xviii el centro de la ciencia pasa a Francia, y son los franceses —Clairaut, D’Alembert, Laplace— quienes, conjuntamente con Euler (suizo) y Lagrange (italo-francés) dan la forma final y extienden considerablemente la mecánica newtoniana. Es importante señalar que la adopción de la teoría física y matemática se realiza en Francia dentro de un contexto social, económico y político completamente diferente del inglés.

No podemos entrar en el análisis, ni aun somero, de ese rico período de la historia de Francia y de Europa. Señalemos solamente que en Francia —a diferencia de Inglaterra y de cualquier otro país— la ciencia se difunde en diversos niveles de la sociedad y se la asocia con problemas generales de la sociedad. En ningún otro país se da un grupo como Voltaire, Buffon, D’Alembert y Condorcet, entre otros, que son científicos y filósofos, excelentes escritores y ponen las ideas de Newton o Leibniz al alcance de un amplio público. La famosa Enciclopedia de Diderot y D’Alembert jugó un importante papel en ese proceso. Sin embargo, no todo fue estimulante y positivo para la ciencia. La interpretación mecanicista de los fenómenos naturales condujo también a extrapolaciones extravagantes (cuyos ejemplos más extremos fueron *El hombre máquina* de La Mettrie y *El sistema de la naturaleza* del Barón d’Holbach) que pretenden reducir toda la biología, y aun la moral, a interacciones newtonianas entre partículas.

La energía

El siglo xix es un período de cambios profundos en la concepción del mundo, generados por transformaciones sociales, económicas y políticas, en fuerte interacción con espectaculares avances en la ciencia y en la tecnología. Estos

cambios se producen bajo la fuerte influencia de dos revoluciones que marcaron el final del siglo XVIII: la Revolución Francesa y la Revolución Industrial en Inglaterra.

Hay una reacción contra el racionalismo, contra Newton, contra la explicación mecánica y matemática de los fenómenos naturales. Goethe es la figura dominante en esa reacción que tomó mucha fuerza, particularmente en Alemania, y generó el movimiento romántico que se extendió por toda Europa con influencia preponderante en literatura. En el dominio de la filosofía y de la ciencia, se centró fundamentalmente en Alemania en una escuela de pensamiento que se llamó *Naturphilosophie* (Filosofía de la naturaleza) cuyo líder fue Schelling.

Para la *Naturphilosophie*, la realidad, es decir, lo que genera y está “detrás” de nuestras percepciones, no es *materia* sino *fuerza*. Por ejemplo, cuando presionamos con nuestra mano la mesa no estamos tocando elementos materiales sólidos sino que sentimos una fuerza que se opone a nuestra presión. Los científicos que participaban en esta concepción consideraban que todos los fenómenos naturales eran sólo manifestaciones diversas de una fuerza universal, indestructible, que se presenta como calor, electricidad, magnetismo, luz, afinidad química.

Una serie de experiencias y descubrimientos realizados con esa concepción parecía que ofrecían una sólida corroboración a dicha teoría. Oersted descubre que una corriente eléctrica que pasa por un cable hace desviar un imán colocado en su cercanía. Herschel muestra el calentamiento que provoca la región infrarroja del espectro de la luz solar. Ritter descubre la radiación ultravioleta en el otro extremo del espectro, mostrando su capacidad para inducir reacciones químicas. Por otra parte, la teoría de la fuerza universal que se manifiesta de tan diversas maneras parecía explicar tanto las experiencias de Galvani mostrando la relación de la electricidad con el movimiento muscular, como también la producción de electricidad, con la pila de Volta, a partir de reacciones químicas. Todo hacía pensar que difícilmente se podría encontrar un ejemplo más claro de *verificación* empírica de una teoría. Pero ¿cuál era la explicación de esos fenómenos? ¿Qué era esa fuerza única, misteriosa? ¿En qué consistía la *manifestación* de esa fuerza en calor, en electricidad, en afinidad química?

La clarificación de esas preguntas se fue realizando a lo largo del siglo XIX y significó la introducción de nuevos marcos conceptuales. En este sentido la innovación más importante fue la introducción del concepto de *energía*, como un nuevo invariante que se agregaba a los principios de conservación de masa y de cantidad de movimiento y permitía explicar las transformaciones que el romanticismo atribuía a una *fuerza universal*. Fue necesario entonces delimitar y redefinir el elusivo concepto de fuerza, así como analizar por separado procesos que correspondían a diferentes dominios de fenómenos. De allí surgieron nuevas teorías y nuevas disciplinas. En particular, la física se expande con el desarrollo de la termodinámica y la teoría electromagnética

Notas

¹ Versión abreviada de García (1998), una publicación de Siglo XXI Editores en coedición con el Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades de la Universidad Autónoma de México, que se presenta aquí con autorización del editor.

² El término “paralaje” designa el desplazamiento aparente de un objeto causado por el cambio de posición del punto desde el cual es observado. Así, la revolución anual de la Tierra en torno del Sol origina que la observación de una estrella desde un punto fijo en la superficie terrestre debe hacer aparecer a la estrella como describiendo una órbita cerrada. La medida del paralaje de una estrella está dada por el ángulo que forman dos visuales a dicho astro tomadas con seis meses de diferencia. Dada la enorme distancia a la que se encuentran las estrellas (aun la más cercana), tal ángulo requiere, para ser detectable, observaciones con un potente telescopio.

³ Ptolomeo vivió en el siglo II y fue uno de los grandes científicos de todas las épocas. Su obra magna, *Composición matemática* (o *Sintaxis matemática*) es más conocida por el nombre que le dieron sus traductores árabes: *Almagesto*. Está dividida en trece libros, de muy difícil lectura, que incorporan y amplían la información astronómica acumulada por los griegos e incluye un catálogo de más de mil estrellas. Durante catorce siglos fue el más importante tratado de referencia en astronomía.

El sistema geocéntrico de Ptolomeo eclipsó por completo las antiguas cosmologías y sólo fue sustituido en el siglo XVI por el sistema heliocéntrico de Copérnico.

⁴ Es altamente probable que Galileo haya conocido las obras de Giordano Bruno, pero nunca hizo referencia a ellas. No hay que olvidar que Bruno fue condenado a muerte por la Iglesia y que era peligroso citarlo, sobre todo por parte de Galileo, quien ya tenía bastantes problemas con la Inquisición.

La epistemología constructivista frente a la física contemporánea

El desarrollo espectacular de la física atómica durante el primer tercio del siglo xx condujo a uno de los más prominentes artífices de tal revolución —Niels Bohr— a afirmar que era necesario repensar en profundidad el marco conceptual por medio del cual se describe la naturaleza. Este fue el punto de partida de la polémica más trascendental del siglo —entre Bohr y Albert Einstein—, una confrontación que duró tres décadas (hasta la muerte de Einstein) y que hoy continúa siendo analizada sin que se haya arribado a un consenso.

La polémica tuvo lugar en el campo de la física. Sin embargo no fue un conflicto entre teorías físicas alternativas propuestas por uno o por otro de los oponentes. Tampoco fue una disputa *dentro* de una teoría física acerca de la validez o no validez de sus resultados. Fue una polémica sobre el significado y el alcance de una teoría: la mecánica cuántica. El campo de batalla no fue la física. *El campo de batalla fue la epistemología.*

El problema de “la realidad” —¿qué es la realidad, y qué conocemos de ella? ¿qué es lo que la teoría física nos informa acerca de la realidad?— fue la temática que centralizó las discusiones.

Desde el punto de vista de la teoría epistemológica, la polémica se puede interpretar como un enfrentamiento entre dos concepciones del conocimiento: quienes —como Einstein— parten de ciertas *presuposiciones ontológicas* y acomodan a ellas sus concepciones epistemológicas, y quienes —como Bohr—

creen que deben anclar sus concepciones del mundo dentro de los límites de una cierta concepción del conocimiento, es decir, que consideran (aunque Bohr nunca lo haya formulado así) que no hay ontología sin epistemología.

Así presentada la polémica, resulta claro que no se trata de un problema que concierne solamente a la física, sino que es quizás el problema más general de nuestro conocimiento del mundo, que *se planteó con más precisión en la física pero que atañe a todas las disciplinas.*

Para enfocar el problema, recapitularé muy brevemente los referentes empíricos que dieron lugar a lo que llamaré “la crisis de inteligibilidad de la física” y cuya interpretación desencadenó la polémica. Tomaré sólo unos pocos ejemplos que son ampliamente conocidos debido a una vasta literatura de difusión a nivel popular.

La “piedra del escándalo” fue sin duda el descubrimiento, debido a Planck, de que la energía no es divisible *at infinitum*, que hay un límite fijo a la divisibilidad —el *quantum* de energía—, y que la emisión de energía no es un proceso continuo sino que procede por saltos. Este fue sólo el primero de una serie de resultados espectaculares que desafiaban el concepto de inteligibilidad de las teorías físicas.

Veamos algunos ejemplos que fueron ampliamente divulgados. El primero concierne la naturaleza de la luz. La propagación de la luz en el espacio se describe en la teoría electromagnética en términos de ondas. Sin embargo, el “efecto fotoeléctrico” (que permite que algunas puertas, con el dispositivo apropiado, se abran cuando uno pasa) sólo puede ser entendido en términos de una teoría corpuscular de la luz como fue explicado por Einstein en uno de sus revolucionarios descubrimientos: el *quantum* de luz, que llamó *fotón*. Fue necesario aceptar que, *según el tipo de experimento, la luz mostraba características que en algunos podía describirse como ondas, pero en otros como corpúsculos.*

El segundo ejemplo (también ampliamente divulgado) corresponde al *principio de indeterminación* de Heisenberg, según el cual es imposible *medir simultáneamente* la velocidad y la posición de una partícula en el interior del átomo. Para Bohr esta dificultad era insuperable por cuanto los dispositivos para medir una u otra eran mutuamente excluyentes.

Einstein se resistió a aceptar esta situación, y durante largo tiempo imaginó experiencias que sirvieran como contraejemplos, pero fueron una a una refutadas por Bohr. Einstein tuvo que aceptar finalmente estas refutaciones, pero lo que nunca aceptó fue que se tratara efectivamente de un principio de *indeterminación* como lo interpretaba Bohr, puesto que tal interpretación equivalía a admitir que lo que estaba en juego no era simplemente la imposibilidad de *medir* simultáneamente ambas magnitudes, sino que *no tenía sentido* afirmar que las “partículas” en el interior del átomo tuvieran “en realidad”, en cada instante del tiempo, una posición y una velocidad definidas.

El mismo tipo de dificultades surgieron con las experiencias que mostraban la *no aplicabilidad de la noción de trayectoria* para describir los “saltos” de un electrón de un nivel de energía a otro (que se interpretaban como saltos de una órbita a otra, sin pasar por puntos intermedios de una supuesta trayectoria).

Bohr consideraba que los fenómenos que ocurren en el mundo atómico y a los cuales se refieren esas experiencias son “non anchaulich” (aproximadamente: *no intuitivos*), es decir, no pueden ser descriptos en términos de espacio, tiempo y causalidad, sin llegar a contradicciones.

Einstein no aceptó que esta situación constituyera una barrera infranqueable para la teoría física y, luego de declarar que la mecánica cuántica era una teoría incompleta, soñó durante treinta años con una teoría que cumpliera con lo que él llamaba “el objetivo programático” de toda la física: la descripción completa de toda situación real tal como “se supone que existe independientemente de todo acto de observación o de substanciación”. Sin embargo, Einstein no objetó la coherencia y la utilidad de la mecánica cuántica, puesto que en varias oportunidades se sintió obligado a declarar: “Yo reconozco el progreso muy importante que ha traído a la física la teoría cuántica”.

Lo que objetaba Einstein era la incapacidad de la teoría para decirnos “cómo es el átomo”. Pero el problema está precisamente en la pregunta y no en la respuesta (o en la falta de respuesta). ¿Qué se pregunta, cuando se pregunta *cómo* es el átomo? ¿En qué consistiría una respuesta? Curiosamente,

Einstein había demolido con su teoría de relatividad los conceptos de espacio y tiempo de la física clásica, y sin embargo mantenía todavía una *concepción newtoniana del conocimiento del mundo físico*.

El nudo central de esa concepción, y la fuente misma de su discrepancia con Bohr, es la noción de *inteligibilidad*. Einstein exige que una teoría nos permita representar de manera directa y exhaustiva el mundo "tal como es". Bohr, por el contrario, renuncia a los "anschaulicher pictures" (representación intuitiva o por imágenes), pero no renuncia a la inteligibilidad. Para salvarla, propone su famoso concepto de "complementariedad", lo cual le obliga a reformular el problema. De manera muy resumida, la reformulación se puede presentar así:

La teoría cuántica describe un fenómeno experimental a partir de las interacciones entre el *objeto de estudio* (sistema atómico) y el instrumento o dispositivo experimental (sistema observacional). Sólo podemos visualizar —dice Bohr— aquellos procesos en el interior del átomo que pueden ser descritos en su interacción con el sistema observacional. Y es sólo en el contexto de la propia interacción y en las circunstancias mismas en que esa interacción entre ambos sistemas tiene lugar, que podemos hablar de "propiedades" del sistema atómico que está interactuando. En los intervalos entre tales interacciones no podemos atribuir propiedades específicas al sistema atómico. La razón es que, el mismo sistema atómico, interactuando con un sistema observacional diferente, presenta resultados diferentes, lo cual lleva a atribuir propiedades también diferentes (e *incompatibles*) al mismo sistema atómico: en un caso con propiedades de localización espacio-temporal que permiten identificar *partículas*, en otro caso con propiedades que permiten identificar *ondas*. Esto revela que "la realidad" —insistirá Bohr— no es conceptualizable como una unidad con propiedades visualizables bien definidas, sino que sólo puede ser abordada parcialmente en cada situación experimental, ofreciendo descripciones *complementarias* que no pueden expresarse sin contradicciones en el lenguaje de la física clásica.

Las cuestiones básicas que están en juego son:

- la representatividad espacio-temporal de los fenómenos del mundo físico;
- la causalidad;

- la objetividad de las teorías físicas;
- el rol de las estructuras lógico-matemáticas en la construcción de la teoría física;
- el concepto de “realidad”.

Representatividad

La primera cuestión se refiere a la imposibilidad de tener una representación de los fenómenos de los cuales se ocupa la física del átomo. No podemos imaginarnos —en el sentido del diccionario: “formarnos una imagen” (“to form a mental picture of”¹)— cómo es el átomo “por dentro”.

La epistemología constructivista ha mostrado —sobre la base de extensas investigaciones psicogenéticas—, que las nociones básicas de espacio y tiempo son construcciones que realiza el sujeto por etapas sucesivas que se inician con las primeras coordinaciones de esquemas de acción. Ni intuiciones puras, ni producto de abstracciones y generalizaciones de la experiencia sensorial, dichas coordinaciones conducen a conceptualizaciones que son generadas con un contenido perceptivo. Esto hace que las localizaciones de los objetos en el espacio, así como los desarrollos de procesos en el tiempo, estén inherentemente vinculados a las escalas de fenómenos que constituyen la experiencia cotidiana, es decir, las escalas de los contenidos perceptivos con los cuales se construyeron esas nociones. En eso se basa la representatividad de los modelos que utilizó la física clásica.

La relatividad primero, y luego la mecánica cuántica, demostraron las limitaciones de esas imágenes o representaciones intuitivas. La relatividad rompió esos esquemas, mostrando la necesidad de su reconceptualización para procesos que se desarrollan a velocidad próxima a la velocidad de la luz. La mecánica cuántica planteó, por su parte, la necesidad de una reconceptualización aun más profunda cuando se trata de procesos de escalas comparables al quantum de acción.

Por consiguiente, desde una visión constructivista, las interpretaciones de Bohr, lejos de ser sorprendentes, traducen simplemente las restricciones impuestas por la construcción de las conceptualizaciones espacio-temporales. El constructivismo provee entonces la *raison d'être* de tales restricciones.

Pero hay un punto que requiere mayor aclaración. Se trata del problema de *observabilidad* de esos procesos. Bohr tuvo bien claro que toda *descripción* de los fenómenos atómicos debe basarse en conceptos que provienen del lenguaje corriente, con sus representaciones intuitivas. No podemos escapar del lenguaje “natural” para comunicar el tipo de experiencias que se realizan, así como los resultados de esas experiencias, lo cual es un requerimiento esencial para asegurar un conocimiento que sea compartido por distintos observadores. De aquí la afirmación de Bohr:

Toda nueva experiencia aparece dentro del marco de nuestros acostumbrados puntos de vista y formas de percepción.²

Este marco sólo es expresable en el lenguaje común, pero a ello se agrega la circunstancia, ya analizada, de que únicamente tenemos acceso a los procesos del interior del átomo a partir de sus interacciones con un sistema observacional que pertenece al mundo macroscópico.

La causalidad y la objetividad de las teorías físicas

“No debe olvidarse —dice Bohr— que el concepto de causalidad es inherente a la interpretación misma de cada resultado experimental, y que aun en la coordinación de experiencias uno nunca se enfrenta con bien definidas rupturas en la cadena causal.”³

Hay que contrastar esta afirmación con la concepción de Bohr sobre la complementariedad de descripciones contradictorias de procesos en el interior del átomo:

(...) toda medición que intenta ordenar las partículas elementales en el tiempo y el espacio requiere omitir el dar cuenta estricta del cambio de energía y momentum entre las partículas, y las reglas y relojes que se usan como sistemas de referencia. Análogamente, toda determinación de la energía y momentum de las partículas demanda que renunciemos a su exacta coordinación en el tiempo y el espacio. En ambos casos, la invocación de ideas clásicas, que son necesarias por la naturaleza misma de las mediciones, equivale de inmediato a renunciar a una descripción causal estricta.⁴

Sin embargo, a través del principio de complementariedad, Bohr reinstala el mismo tipo de descripción completa y exhaustiva característica de la mecánica clásica. Como él lo explica claramente:

No se trata de una explicación incompleta caracterizada por la elección arbitraria de diferentes elementos de la realidad física a costa de sacrificar otros elementos, sino de una discriminación racional entre dispositivos experimentales y procedimientos esencialmente diferentes que son apropiados sea para un uso inambiguo de la idea de localización espacial, o para una aplicación legítima del teorema de conservación de la cantidad de movimiento.⁵

En la concepción de Bohr, el indeterminismo que aparece en las *descripciones* de las experiencias de la mecánica cuántica no constituye una negación pura y simple de la causalidad, sino una indeterminación que va asociada a la no-representatividad única, completa y exhaustiva de los procesos atómicos y que sólo se salva parcialmente a través del principio de complementariedad.

Surge entonces el siguiente problema. Las teorías físicas deben dar una explicación "objetiva" de los fenómenos del mundo físico. Pero en tanto la Física se funda en una concepción de la materia que no es representable ¿en qué consiste entonces la "objetividad"?

Bohr utiliza el término "fenómenos" (phenomena) para referirse a procesos para los cuales acepta una existencia ontológica, independientes del sujeto observador, pero tales que nuestro acceso a ellos está limitado en la forma que hemos descrito. Las características que podemos "adscribir" a dichos "fenómenos" depende de las conceptualizaciones posibles para el sujeto. Este planteo, contrario al de Einstein, subordina la ontología a la epistemología.

Hasta aquí podríamos estar de acuerdo con Bohr, y no con Einstein. Pero se advierte de inmediato la insuficiencia del análisis epistemológico de ambos genios de la física. Por ejemplo, Bohr —para quien la "objetividad" debe ser re-definida en el mundo del átomo— reduce esta "objetividad" a "la no-ambigüedad en la comunicación de la experiencia", es decir, a la utilización de un lenguaje, en la descripción de los resultados

experimentales, que sea entendido igual por todos los observadores. Las preguntas que surgen entonces son: ¿cuál es el papel de la teoría?, ¿cuál es el rol del formalismo dentro de la teoría?, ¿cuál es su relación con el lenguaje común?

Las respuestas altamente insatisfactorias de ambos contendientes, en lo que respecta a este punto, hacen necesaria la profundización del análisis, y es aquí donde la epistemología constructivista puede cumplir una función insustituible dentro del contexto de las tendencias actuales de la filosofía de la ciencia.

En la polémica entre Einstein y Bohr, los argumentos referentes a la causalidad permanecieron en el nivel que hemos llamado *relación causal*, claramente diferenciada del concepto de *explicación causal* (véase capítulo 7). Bohr no rechaza la causalidad en los fenómenos cuánticos; lo que él objeta es la insistencia en requerir *la visualización de las relaciones causales*. Su posición queda aclarada cuando señala que la mecánica clásica “ha demandado una más profunda renuncia a la explicación en términos de una representación visualizable”.⁶ Esto no significa eliminar la causalidad, puesto que Bohr insiste en que “no debe olvidarse que el concepto de causalidad está en la base de la interpretación misma de cada resultado experimental, y que, aun en la coordinación de la experiencia, uno nunca tiene que tratar, en la naturaleza de las cosas, con rupturas bien definidas en la cadena causal”. Pero lo que falta en el análisis de Bohr es la distinción entre *relaciones causales* y *explicaciones causales*. Aquí está la clave del concepto de *explicación científica* (analizado en el capítulo 7) y que debemos retomar ahora. Para ello debo referirme necesariamente a las concepciones de Bohr y Einstein sobre la relación entre matemática y física.

El rol de las estructuras lógico-matemáticas en la construcción de la teoría física

Bohr y Einstein tenían concepciones diferentes acerca del papel que juegan las matemáticas en la teoría física, problema absolutamente central cuando se analizan las respectivas posiciones epistemológicas desde las cuales se planteó la polémica entre ambos.

En este punto, la posición de Bohr se mantiene dentro de una línea de pensamiento que va desde Galileo hasta el empirismo lógico, y según la cual las matemáticas son solamente el lenguaje con el cual se expresan las teorías físicas. Esto lo manifiesta Bohr en forma un tanto sorprendente:

Estrictamente hablando, el formalismo matemático de la mecánica cuántica y de la electrodinámica ofrece meramente reglas de cálculo para las deducciones de previsiones acerca de observaciones obtenidas bajo condiciones experimentales bien definidas especificadas por conceptos físicos clásicos.⁷

Einstein concibe la teoría física desde una posición epistemológica muy distinta. En su famosa conferencia, en la serie de las *Herbert Spencer Lectures*, pronunciada en Oxford el 10 de junio de 1933 (aceptando una invitación que se le hiciera expresamente para que pudiera salir de la Alemania nazi, a la cual no volvería) Einstein expresó su opinión en forma tal que constituye una clarísima síntesis de su epistemología. Por eso es conveniente transcribirla directamente, sin necesidad de agregar comentario alguno:

Hasta ahora nuestra experiencia justifica nuestra creencia en que la naturaleza es la realización de las ideas matemáticas más simples que puedan concebirse. Estoy convencido de que podemos descubrir, por medio de construcciones puramente matemáticas, los conceptos y las leyes que los conectan entre sí, lo cual provee la llave para comprender los fenómenos naturales. La experiencia puede sugerir los conceptos matemáticos adecuados, pero con toda certeza estos no pueden ser deducidos de aquella. La experiencia sigue siendo, naturalmente, el único criterio de la utilidad física de una construcción matemática. Pero el principio creativo reside en las matemáticas. En un cierto sentido, por consiguiente, mantengo como cierto que el pensamiento puro puede asir la realidad (pure thought can grasp reality), como lo soñaron en la antigüedad.⁸

Las posiciones de Bohr y Einstein no pueden ser más antagónicas, pero ambas soslayan el problema epistemológico. La concepción de Bohr sobre el rol de las matemáticas, como siendo meramente (sic) un formalismo de cálculo, opera como un obstáculo epistemológico (en el sentido de Bachelard)

que le impidió penetrar más hondamente en el problema de la causalidad y de la explicación científica.

Por su parte, Einstein retorna en cierta manera al platonismo cuando afirma que el pensamiento puro puede "asir la realidad". Un poco más adelante, en el mismo texto citado, Einstein reitera más claramente su posición:

El punto importante para nosotros es observar que se llega a todas las *construcciones* y a las leyes que las conectan por el principio de buscar los conceptos matemáticos más simples y los vínculos entre ellos. En el limitado número de tipos de campos simples (simple field types) que existen, y de ecuaciones simples posibles entre ellos, reside la esperanza del teórico de asir la realidad en toda su profundidad.

Las preguntas persisten: ¿cómo llegamos a una *explicación* satisfactoria de los fenómenos físicos?, ¿cuál es la relación entre el marco formal de la teoría y los datos empíricos?, ¿cuál es la significación de la causalidad? Einstein no nos da ninguna pista para responder a estas cuestiones.

En síntesis, Einstein se basa en una ontología que concibe la existencia de un mundo ya *dado*, con objetos que tienen propiedades características y que "están allí" como una realidad independiente de nuestras observaciones y de nuestro conocimiento.

Bohr no tiene una ontología explícita. Podemos inferir de sus escritos, que acepta la ciencia como referida a entidades "reales", tales como átomos y electrones, aun cuando ignoramos qué es lo que son. Enfáticamente, rechaza la idea de atribuir a tales entidades las propiedades que corresponden a los objetos macroscópicos, debido a las insuperables contradicciones a las que se llega en todo intento por obtener una *descripción* no ambigua de lo que ocurre en el interior del átomo.

Sin duda, Bohr estaba acertado al considerar la relación causal como siendo solamente *descriptiva*, lo cual justifica que estableciera una complementariedad entre *relaciones causales* y *descripciones espacio-temporales*. Pero al dejar el problema en este punto, rehusó proporcionar *explicaciones causales*. Por su parte, Einstein rechazaba la idea de complementariedad y dejó sin resolver el problema del fracaso de las relaciones causales en el átomo.

En conclusión, las dos figuras gigantes de la ciencia del siglo xx dejaron sin resolver problemas centrales de la fundamentación de las ciencias físicas (y de la ciencia *tout court*). El diagnóstico de esta sinfonía inconclusa es que la polémica puso de manifiesto que ambos contendientes carecieron de un claro planteo epistemológico. Ambos eran conscientes, sin embargo, de que el problema *era* epistemológico, y ambos estuvieron por largo tiempo buscando la respuesta en la filosofía.

Fue natural que Bohr y su escuela buscaran explicaciones en el campo de la filosofía. El volumen editado por Jan Faye y Henry Folse en la Serie *Boston Studies in the Philosophy of Science*, bajo el título de *Niels Bohr and the Contemporary Philosophy*,⁹ contiene en sus capítulos, además de profundos estudios sobre el desarrollo de las ideas de Bohr, los intentos de varios autores, físicos y filósofos, de asociar su interpretación de la mecánica cuántica con la filosofía kantiana, a la cual se le vincula a través de su mentor y amigo Harold Höffding. Esto me obliga a hacer un paréntesis.

Es indudable la atracción de Bohr por la filosofía de Kant, y es muy posible que haya tomado de Höffding la idea kantiana de que la descripción de la naturaleza involucra la imposición de categorías generadas por la mente del sujeto sobre los datos que provienen de la experiencia. También aparece la huella de Kant en lo que David Faurholdt llama "La insistencia de Bohr en que espacio, tiempo y causalidad son formas necesarias de la sensibilidad en el conocimiento humano",¹⁰ así como su concordancia con la posición de Kant expresada por Höffding: "Para Kant el problema eran las relaciones de la razón con la experiencia y no el origen primero del contenido del conocimiento".¹¹

Pero Bohr se aparta claramente de Kant cuando establece las limitaciones de "las formas de la intuición" y la falta de ajuste entre estas y "las categorías del entendimiento" en el dominio del átomo. Este es posiblemente el origen de la ambigua relación de Bohr con la filosofía, como se pone en evidencia cuando confrontamos algunas de sus declaraciones hechas en diversas circunstancias. Su desencanto con los filósofos aparece claramente en el relato de Kuhn, quien testimonia de la entrevista que sostuvieron el día anterior a la muerte de Bohr,

quien habría dicho entonces: "No hay esperanza de encontrar ningún tipo de comprensión directa entre científicos y filósofos".¹² Esto a pesar de haber afirmado, en la misma entrevista, que "ella (la filosofía) constituyó en cierto modo mi vida".¹³

¿Por qué la frustración de Bohr con la filosofía? ¿Por qué dijo, en otra oportunidad, que ningún filósofo podría entender la complementariedad?

Para responder a estas preguntas es suficiente con una ligera recapitulación de la propia situación de las teorías de conocimiento en la filosofía contemporánea. Ni las diversas formas del apriorismo desde los kantianos a Husserl; ni el empirismo, incluyendo lo que se llamó "empirismo científico", podían ubicar dentro de sus respectivas posiciones epistemológicas una explicación que diera cuenta del tipo de fenómenos que dieron origen al principio de complementariedad. Por otra parte, con la declinación del empirismo a mediados del siglo xx, la filosofía de la ciencia *se quedó sin epistemología*, como lo reconoció el propio Quine.

Los problemas que preocuparon a Einstein y a Bohr deben ser asumidos por la epistemología y pueden ser reformulados en el marco de una teoría constructivista del conocimiento. Se trata de una problemática clásica de la filosofía de la ciencia, pero que surgió en un contexto nuevo y con connotaciones tales que la filosofía especulativa no podía resolver, por carecer de los instrumentos de análisis para atacar esas cuestiones.

Desde nuestra perspectiva constructivista, los contendientes de la más famosa polémica científica del siglo xx tropezaron con lo que podríamos considerar *obstáculos epistemológicos* para llegar a elaborar una teoría de la explicación científica con la cual dar respuesta al desafío de las anomalías que presentaba la mecánica cuántica. Pero cada uno tuvo su propio "obstáculo" que respondía a serias diferencias en la concepción de la ciencia física.

El mayor impedimento de Bohr fue el magro rol que otorgó a la matemática dentro de la teoría física, relegándola a ser —en forma no muy diferente de la clásica cita de Galileo— el *lenguaje* en el cual se expresa la teoría física. En el caso de Einstein, se trató de una rígida adhesión a una ontología a la cual subordinaba su idea acerca de la naturaleza del conocimiento.

La filosofía de la ciencia bosquejada en el capítulo 7 rechaza ambas posiciones. La lógica y la matemática constituyen la estructura misma de la teoría, sin la cual la ciencia no pasaría del nivel descriptivo de fenómenos, y no se limitan a un mero cálculo como sostiene Bohr. En cuanto a la ontología que subyace en la concepción del mundo físico que explícitamente mantiene Einstein, al carecer de una fundamentación epistemológica, encontró un aparente sustento en una concepción religiosa del universo.

En ambos casos, la carencia de una teoría de la explicación en ciencia se refleja claramente en sus ideas acerca del concepto de “objetividad” de una teoría física, el cual a su vez está ligado al problema clásico de la conexión entre teoría y “realidad”.

La concepción de objetividad de Bohr fue presentada de la manera más clara por el más fiel de sus colaboradores —Leon Rosenfeld— con referencia al alcance del concepto de complementariedad:

Desde el punto de vista epistemológico, el descubrimiento del nuevo tipo de relación lógica que representa la complementariedad es un mayor avance que cambia radicalmente nuestra idea del rol y el sentido de la ciencia. En contraste con el ideal del siglo XIX según el cual en la descripción de los fenómenos debería eliminarse toda referencia a la observación, tenemos ahora una perspectiva más amplia y veraz de los fenómenos, en la cual se toma debida cuenta de las condiciones bajo las cuales pueden ser realmente observados, y asegurando, por consiguiente, la completa objetividad de la descripción, puesto que tal descripción está basada en operaciones puramente físicas, inteligibles y verificables para todos los observadores. El rol de los conceptos clásicos en esta descripción es obviamente esencial, puesto que esos conceptos son los únicos que se adaptan a nuestra capacidad de observación y de comunicación inambigua.¹⁴

Por su parte, la posición de Einstein está presentada en forma muy concisa en su controvertido artículo, publicado con Podolsky y Rosen, en el cual afirman:

Si, sin perturbar en modo alguno un sistema, podemos predecir con certeza (es decir, con probabilidad igual a la unidad) el valor

de una cantidad física, entonces existe un elemento de la realidad física que corresponde a esta cantidad física.¹⁵

Sin entrar en un análisis crítico de tal enunciado, se pone claramente en evidencia la subordinación de tal afirmación a una ontología previamente fijada.

La concepción de explicación científica presentada en el capítulo 7, conjuntamente con los conceptos correlacionados de "objetividad" y "realidad", no sólo clarifican sino que permiten llenar las lagunas epistemológicas que exhiben los dos enunciados citados, los cuales condensan con mucha precisión las dos posiciones que fueron confrontadas.

La polémica entre Bohr y Einstein nos provee un ejemplo representativo, y particularmente bien formulado por los dos grandes genios de la física del siglo xx, de las enormes dificultades que han presentado para la ciencia los dos problemas más generales que enfrenta toda teoría del conocimiento: ¿qué conocemos? y ¿cómo conocemos?

Estoy convencido de la capacidad de la epistemología constructivista para dar nuevas respuestas a estos clásicos problemas y para enfrentar los desafíos del análisis de la ciencia contemporánea. Y no veo en el horizonte ninguna otra teoría del conocimiento alternativa que pudiera cumplir con ese objetivo.

Notas

¹ *Oxford English Dictionary on Historical Principles* (Oxford University Press, 1973).

² "All new experience makes its appearance within the frame of our customary points of view and forms of perception", Bohr (1934).

³ Bohr (1937).

⁴ Bohr (1934), pp. 113-114.

⁵ Bohr (1935), p. 699.

⁶ "A far reaching renunciation of explanation in terms of pictorial representations."

⁷ Bohr (1958).

⁸ "On the method of Theoretical Physics", en Einstein (1954).

⁹ Faye y Folse (1994).

¹⁰ "Bohr insistence that space, time and causality are necessary forms of sensibility in human knowledge", Faurholdt (1994), p. 81.

¹¹ Höfding, vol. 2, p. 65 de la edición española.

¹² "It is hopeless to have any kind of understanding between scientists and philosophers directly."

¹³ "It (Philosophy) was, in a way, my life."

¹⁴ *Dictionary of scientific biography*, editado por Charles Coulston Gilliespie. Nueva York: Charles Scribner's Sons, 1981.

¹⁵ Einstein (1935).

Apéndice al capítulo 8

Análisis constructivista de las nociones de espacio y tiempo

He señalado en el capítulo 8 que la ininteligibilidad de los fenómenos intra-atómicos, puesta de manifiesto por la mecánica cuántica, e interpretados en términos de relaciones espacio-temporales, no es en modo alguno sorprendente cuando se la analiza desde la epistemología constructivista. Lo sorprendente sería que nociones construidas a partir de fenómenos que ocurren en *las escalas espaciales y temporales* que corresponden a los órganos sensoriales del cuerpo humano pudieran ser aplicadas sin más, tanto a la escala de las galaxias como al interior del átomo. Por eso considero necesario agregar este apéndice para mostrar muy esquemáticamente en qué consisten esos procesos constructivos.¹

Epistemología del espacio

Desde la posición constructivista, Kant tenía razón cuando consideraba que las percepciones no proceden por asociación entre sensaciones aisladas, sino que son organizadas por el sujeto desde el comienzo. Pero el acuerdo sólo llega hasta allí. Tanto la psicología genética como la ciencia moderna mostraron que espacio y tiempo no son “formas de intuición”, ni son conceptos a priori.

El constructivismo rechaza asimismo la psicología asociacionista que recurre a “la sensación” para explicar las totalidades perceptivas por asociación entre esos elementos, pero

tampoco acepta la psicología de la forma (*Gestalt*) que concibe esos elementos sólo como parte de una totalidad que está dada en la percepción desde un comienzo. Los elementos de esa totalidad que está dada en la percepción no existen independientemente de las relaciones que los vinculan, y son las relaciones las que “componen la realidad” como tal.

Estas consideraciones son fundamentales para comprender la epistemología del espacio. En la conceptualización del espacio las acciones y operaciones que entran en juego no están referidas a objetos discretos (con los cuales se forman conjuntos, se les ordena o establecen correspondencias) sino que se refiere a las composiciones o descomposiciones de totalidades continuas, en las cuales intervienen estructuras de otro tipo: las estructuras topológicas.

En el desarrollo inicial del conocimiento en esta área hay que distinguir dos componentes: una componente estrechamente ligada a las acciones, es decir, a las actividades sensorio-motrices del niño; y una componente “figurativa”, es decir, vinculada con la percepción y la imagen. Con respecto a ellas pueden adoptarse a grandes rasgos, dos posiciones (o hipótesis) epistemológicas diferentes:

- Una hipótesis de tipo empirista, según la cual el proceso comienza desde la percepción, continúa con actividades sensorio-motrices, y luego prosigue con procesos que dan lugar a operaciones de la inteligencia;

- Una hipótesis del tipo constructivista (que fue la hipótesis piagetiana) según la cual en el comienzo está la *acción*, es decir, una *actividad sensorio-motriz*, que es la que *regula las percepciones*.

Ninguna consideración filosófica de tipo puramente especulativo puede dirimir entre ambas opciones. Recurrir a la psicología genética se hace aquí imprescindible para obtener la base empírica con la cual construir la teoría epistemológica. Veamos cómo se plantea este problema con referencia a la conceptualización del espacio.

Las investigaciones psicogenéticas han demostrado que la llamada intuición del espacio no se reduce a un sistema de percepciones y de imágenes, es decir, no “surge” de la lectura de las propiedades de los objetos.

La imagen —dirá Piaget en una de sus fórmulas crípticas, pero que sustentaba en múltiples investigaciones sobre el desarrollo de la inteligencia en el niño—, no es jamás otra cosa que la imitación interior y simbólica de acciones anteriormente ejecutadas.²

Las “imágenes” que puede obtener un niño de “la realidad” y que podría llevarlo a tener una “intuición del espacio” no pueden consistir, obviamente, en la percepción de “algo” que contenga todos los objetos, sino en la percepción de formas, de tamaños, de posiciones, de cambios de posición, de distancias. La percepción del espacio está por consiguiente indisolublemente ligada a las percepciones geométricas.

En el siglo pasado uno de los grandes matemáticos de todos los tiempos, Bernhard Riemann, escribió a este respecto:

Se sabe que la geometría admite como datos antecedentes no solamente el concepto de espacio, sino también las primeras ideas fundamentales de las construcciones en el espacio. Ella no da de estos conceptos más fundamento que definiciones nominales, las determinaciones esenciales se introducen bajo la forma de axiomas. Las relaciones mutuas de estos datos primitivos permanecen envueltas en el misterio; uno no ve bien si ellas están necesariamente ligadas entre sí, ni hasta qué punto lo son, ni aun *a priori* si ellas pueden serlo. A partir de Euclides, hasta Legendre, para no citar sino al más ilustre de los reformadores modernos de la geometría, nadie, ni entre los matemáticos, ni entre los filósofos, ha logrado establecer este misterio.³

Poincaré intentó, a principios del siglo xx, penetrar en dicho “misterio”,⁴ pero no logró superar la barrera del empirismo. Bertrand Russell profundiza mucho más el análisis y concluye en la afirmación de que “el espacio del sentido común es una construcción, aunque no reflexionada (‘not a deliberate one’), y agrega “Es parte de la tarea de la psicología hacernos conscientes de las etapas de esta construcción”.⁵

Russell dejó ahí (en manos de la psicología) el problema de la génesis de la construcción del espacio, y continuó con la conceptualización del espacio dentro de la física. El constructivismo dio la razón a Russell, pero sólo pudo sustentar esa

posición luego de profundas investigaciones psicogenéticas interpretadas desde la perspectiva de la teoría epistemológica.

De la gran cantidad de las investigaciones sobre el tema realizadas por Piaget y su escuela escogeremos sólo un ejemplo, correspondiente a un trabajo que no estaba dirigido específicamente al problema del espacio, pero que pone claramente en evidencia un aspecto crucial de las conceptualizaciones espaciales.⁶

La experiencia se realizó con niños pequeños (de 2 años y medio a 8) a quienes se les propusieron ejercicios de copia de figuras muy simples caracterizadas por un cierto número de propiedades: figuras contiguas (en contacto) o en inclusión, completamente curvas o con ángulos. El experimentador dibujaba cada caso, delante del niño, en la parte superior la figura y le pedía que, justo debajo, dibujara una igual. Luego de obtenida la copia, le preguntaba "si había dibujado lo mismo", y le dejaba hacer nuevos ensayos.

Las experiencias, para cuyos detalles y análisis de las respuestas remitimos a la obra citada, mostraron claramente la dificultad de copiar esas figuras (es obvio el cuidado que debe tener el investigador en discriminar las dificultades de tipo manual). Dos hechos fundamentales quedaron en evidencia. En primer lugar, que el éxito dependía de que el niño fuera logrando un cierto grado de organización del espacio; y en segundo lugar, que esa organización no se extrae por lecturas perceptivas.

Las conclusiones fueron claras: la copia no es simple reproducción de imágenes, que resultan de una abstracción empírica a partir de datos perceptivo-espaciales. Por el contrario, la copia es posible cuando el modelo que debe copiarse es conceptualizado por el sujeto, lo cual implica un proceso de reconstrucción. La imagen mental visual que obtiene el sujeto es sólo un símbolo que representa el objeto que ella simboliza. Pero esta es una característica general de todo proceso de desarrollo de conocimiento, con algunas diferencias marcadas. Por ejemplo, en la construcción de la lógica y de la matemática, las clases y los números son también símbolos que se visualizan como espaciales, mientras que lo simbolizado no es espacial. En el caso del espacio, por el contrario, la imagen es una figura espacial y lo simbolizado es también espacial.

La consecuencia fundamental que extraemos de las consideraciones precedentes es que la intuición espacial y geométrica está gobernada por la componente que Piaget llamó “operatoria”, pero la relación no es lineal. Si bien hay un desarrollo autónomo de las estructuras cognoscitivas que permite un desarrollo continuo de las estructuras perceptivas, estas últimas a su vez enriquecen, y aun pueden intervenir de manera fundamental en el desarrollo de las primeras. A partir de las actividades sensorio-motrices y las actividades perceptivas más elementales, hasta llegar a los niveles más abstractos en el desarrollo de la actividad cognoscitiva, hay una serie ininterrumpida de intermediarios cuya exploración y análisis llevó varias décadas de investigación psicogenética e histórica. Sus resultados están expuestos, aunque de manera poco organizada, en un gran número de obras publicadas, de las cuales mencionaremos sólo algunas.⁷

Quedan por dilucidar dos puntos que hemos esbozado precedentemente: la “toma de conocimiento” de las propiedades del espacio y la independencia que adquieren los “espacios matemáticos” con relación al “espacio empírico”.

Hemos señalado que los marcos lógico-matemáticos dirigen, en cierto modo, las percepciones. Esto significa que las estructuras lógicas, producto de abstracciones reflexivas se “aplican” a la realidad que es fuente de las intuiciones espaciales. Pero, al mismo tiempo, esa realidad es fuente de abstracciones empíricas, a partir de las acciones sobre los objetos, y ellas condicionan las estructuraciones en tanto entran en juego las propiedades que poseen los objetos de esa realidad, independientemente del sujeto. El espacio constituye, desde el comienzo, el punto de convergencia entre ambos tipos de abstracción, pero las sucesivas estructuraciones que se van construyendo por abstracciones reflexivas en distintos niveles terminan por adquirir completa autonomía y permiten conceptualizaciones sin correlato intuitivo. De aquí surge la “no representatividad” de los múltiples conceptos de espacio utilizados por la física y las matemáticas.

Epistemología del tiempo

a) *La conceptualización del movimiento y la velocidad*

Las nociones de movimiento y de tiempo, estrechamente ligadas entre sí, así como la noción de velocidad, vinculada con ambas, son el resultado de un largo y complejo proceso constructivo, *orientado desde el inicio por la construcción de relaciones lógicas.*

En efecto, la idea de movimiento, contiene ya una noción de orden, en cuanto el *desplazamiento* supone un conjunto de posiciones (o *emplazamientos*) en un cierto orden. De aquí que Piaget comience el análisis de las nociones de movimiento (y luego de velocidad y de tiempo) por un estudio psicogenético de la idea de orden⁸ vinculándola a posiciones de conjuntos de objetos.

El pasaje de la noción de “emplazamiento” a la de “desplazamientos” (para utilizar la terminología piagetiana) requiere la construcción de la noción de “camino recorrido” que los estudios psicogenéticos han demostrado que está lejos de ser intuitiva. En la reconstrucción psicogenética de dicho proceso constructivo aparecen claramente algunos aspectos característicos del pensamiento infantil, en particular: el *animismo*, que atribuye una conciencia y una intención a los móviles, y el *finalismo*, que considera todo movimiento como tendiendo a un objetivo.

Este finalismo, siempre teñido de algo de animismo, puede explicar por qué el niño enfoca su atención en el punto de llegada de un móvil prescindiendo del punto de partida. Por consiguiente, dados los trayectos claramente diferentes de dos móviles, el niño juzga que son iguales si sus puntos de llegada coinciden.

Más tarde la centración de la intuición perceptiva incluirá también el punto de partida, pero sin noción aún del intervalo entre ambos, por lo cual los trayectos de ida y de vuelta entre los mismos puntos no serán necesariamente iguales.

Un tercer avance consistirá, finalmente, en adquirir la noción de “intervalo” y de “trayecto recorrido”. Para adquirir esa noción de, es necesario que a toda sucesión de *relaciones asimétricas* entre las posiciones ordenadas A, B, C, ..., P de un móvil se le haga corresponder una sucesión de *relaciones*

simétricas que definen los intervalos entre A y B, B y C, etc. La noción de intervalo adquiere entonces el sentido de “distancia” de la cual se pasa al “camino recorrido”.⁹

La noción más tardía de “velocidad” comienza también con intuiciones perceptivas ligadas a la noción de orden. Pero un solo desplazamiento, como encadenamiento de posiciones, es un movimiento sin velocidad. La noción de velocidad surge cuando se ordenan las posiciones sucesivas de un móvil con referencia a las posiciones de otro. Así aparece en su génesis psicológica: para un niño pequeño la velocidad está prácticamente identificada con el rebasamiento. Un móvil es concebido como más rápido que otro cuando lo rebasa sobre una trayectoria paralela a la suya, lo cual significa simplemente la percepción de una inversión del orden de las posiciones respectivas de dos móviles en el curso de sus desplazamientos. Sin embargo, la noción tarda en consolidarse. En un comienzo, lo único que cuenta es un rebasamiento visible. En una nueva etapa se podrán establecer correspondencias que permitan extender las comparaciones a los casos en que el rebasamiento no es visible (que ocurra, por ejemplo, en el interior de un túnel) o cuando los móviles se alcanzan sin rebasarse.

b) La conceptualización del tiempo

Las investigaciones sobre la conceptualización del tiempo las realizó Piaget por sugerencia de Einstein, para quien los conceptos básicos de la física no eran espacio y tiempo, sino espacio y velocidad, y sospechaba, según le comunicó a Piaget, que algo similar debería de ocurrir con la construcción de dichas nociones por parte de los niños.

Los datos psicogenéticos confirmaron la visión de Einstein. Hay una intuición de la velocidad que precede o acompaña a la intuición de tiempo, pero no hay una intuición de la “duración” de la cual surgirá la intuición de la velocidad.

La secuencia constructiva es diferente de la concepción clásica que siempre tomó como primitivas las nociones de espacio y de tiempo. En efecto, la formación de las nociones relativas al espacio en el niño parte de las coordinaciones de la acción y de la organización de los movimientos, independientemente de las velocidades, mientras que el tiempo se constituye a partir de la *coordinación de velocidades*. Estas coordinacio-

nes suponen el desarrollo de complejas relaciones lógicas que fueron desentrañadas por Piaget en lo que constituyó la etapa más difícil de las investigaciones.

Tales coordinaciones son tardías. En un comienzo no existe un orden temporal disociado del orden espacial. Por ejemplo, en el caso de los movimientos paralelos de dos móviles, con la misma dirección y con el mismo punto de origen, que parten simultáneamente, pero con velocidades diferentes, y se detienen "al mismo tiempo" (¡para el observador adulto!), el análisis psicogenético muestra que no hay para el niño igualdad de duración entre los instantes de partida y de llegada que, repitamos, son objetivamente simultáneos, ni acepta el niño que hayan sido simultáneos los puntos de llegada.

El análisis muestra que el niño concibe lo que podríamos llamar "un tiempo propio" para cada uno de los dos movimientos que tenían velocidades diferentes. El tiempo es entonces "interior" al movimiento mismo, y está todavía estrechamente ligado a las características espaciales consistentes en cambios de posición. Las relaciones temporales se irán constituyendo —todavía intuitivamente— cuando se logren poner en correspondencia las posiciones ocupadas por móviles de velocidades diferentes. De aquí la afirmación de Piaget: "Genéticamente, el tiempo no es otra cosa que una coordinación de velocidades".¹⁰

Lo que quiero poner claramente de relieve, porque es de fundamental importancia para nuestro tema, es que esa coordinación sólo se torna accesible para el niño cuando él vaya construyendo y dominando, paralelamente, el complejo conjunto de relaciones lógicas y de operaciones antes mencionadas. Por medio de ellas, a partir de una completa indiferenciación entre la coordinación espacial de los movimientos y su duración, el niño va distinguiendo en los mismos movimientos un elemento de carácter espacial, que es el desplazamiento, y un elemento con carácter de velocidad que distingue entre sí los desplazamientos equivalentes. Finalmente, la coordinación de esas velocidades le permitirá diferenciar entre el orden temporal y el orden de sucesión espacial, y entre la "duración" y el "camino recorrido". Establecer la naturaleza de esas relaciones y operaciones, así como la forma en que concurren a la formación de la noción de tiempo, llevó a Piaget varios años de investigaciones psicogenéticas, referidas en las dos obras que

hemos mencionado y resumidas en diversos volúmenes de la colección de *Estudios de Epistemología Genética*.

Notas

¹ Este apéndice constituye una versión abreviada de la Parte I, capítulo 2, de García (coord.), 1997.

² Piaget, J. e Inhelder, B. *La représentation de l'espace chez l'enfant*. París: Preses Universitaires de France, 1947. La cita es de la p. 524 de la 4ª edición, 1981.

³ Hemos tomado esta cita de la edición francesa de las *Obras matemáticas* de Riemann. El texto constituye el párrafo inicial de uno de sus trabajos póstumos titulado "Sobre las hipótesis que sirven de fundamento a la geometría".

⁴ Véanse en particular los capítulos "El espacio y el tiempo" y "El espacio y la geometría" en Poincaré, H., *Filosofía de la Ciencia*. México: Conacyt, 1981.

⁵ Russell (1944 b) p. 218.

⁶ [EEG XXXVII].

⁷ Además de la obra referida en la nota 1 pueden consultarse:

- Piaget, J. et al. *L'Epistémologie de l'Espace*. París: Presses Universitaires de France, 1957. [*La epistemología del espacio*. Buenos Aires: El Ateneo, 1971.]

- Piaget, J. *Les Mécanismes perceptifs*. París: Presses Universitaires de France, 1961.

⁸ Piaget, J. *Les notions des mouvement et de vitesse chez l'enfant*. París: Presses Universitaires de France, 1946.

⁹ Piaget, J. *Le développement de la notion de temps chez l'enfant*. París: Presses Universitaires de France, 1946.

¹⁰ Piaget, J. *Introduction à l'Epistémologie Génétique, Tome II, La Pensée Physique*. París: Presses Universitaires de France, 1950. [*Introducción a la epistemología genética*. Buenos Aires: Paidós, 1978.]

Referencias bibliográficas

Nota: En esta bibliografía, los volúmenes de la colección *Etudes d'Epistémologie Génétique* contienen numerosos capítulos citados en la presente obra, que van incuidos al final. Las citas no aparecen por orden alfabético de autor sino por número del volumen, con la nomenclatura [EEG].

- Anderson, P. W. (1972). More is different. *Science*, 177, 393.
- Aréchiga, H. (1997). Los fundamentos neurobiológicos de la teoría de Piaget sobre la génesis del conocimiento, en R. García (Coordinador general), *Epistemología genética y la ciencia contemporánea*. Barcelona: Gedisa.
- Becerra, N., Baldatti, C., Pedace, R. (1997). *Un análisis sistémico de políticas tecnológicas*. Buenos Aires: Publicaciones de la Universidad de Buenos Aires (Colección CEA-CBC).
- Bergson, H. L. (1922). *Durée et Simultanéité. A propos de la théorie d'Einstein*. París: F. Alcan.
- Bodde, D. (1991). *Chinese Thought, Society, and Science*. Honolulu: University of Hawaii Press.
- Bohr, N. (1934). *Atomic Theory and the Description of Nature*. Cambridge University Press. (Reimpreso en 1961 y 1987 como *The Philosophical Writings of Niels Bohr*.) [Física atómica y conocimiento humano. Madrid: Aguilar, 1964.]
- Bohr, N. (1937). Causality and complementarity. *Philosophy of Science*, 4, 289-298. (Originalmente en *Erkenntnis*, 6, 293-303.)
- Bohr, N. (1958). *Atomic Physics and Human Knowledge*. Nueva York: Wiley.
- Cohen, J. B. (1985). *Revolution in Science*. Harvard University Press.
- Dictionary of scientific biography*. Charles Coulston Gilliespie (editor). Nueva York: Charles Scribner's Sons, 1981.

- Dugas, R. (1959). *La Théorie Physique au Sens de Boltzmann*. Neuchâtel: Editions du Griffon.
- Einstein, A., Podolsky, B., Rosen, N. (1935). Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality be Considered Complete?, *Physical Review*, 48, 692-702.
- Einstein, A. (1954). *Ideas and Opinions*. Nueva York: Crown. [*Mis ideas y opiniones*. Barcelona: Bosch, 1980.]
- Faurholdt, D. (1994). Niels Bohr and realism, en J. Faye y H. Folse: *Niels Bohr and the Contemporary Philosophy*. Dordrecht, Boston y Londres: Kluwer Academic Publishers.
- Faye, J. y Folse, H. (comps.). (1994). *Niels Bohr and the Contemporary Philosophy*. Dordrecht, Boston y Londres: Kluwer Academic Publishers.
- Fogelman, F. (1991). *Les Théories de la Complexité*. Paris: Editions du Seuil.
- García, R. et al. (1981). *Nature Pleads not Guilty* (Volumen 1 de la serie "Drought and Man"). Oxford: Pergamon Press.
- García, R. (1984). *Food Systems and Society: A conceptual and methodological challenge*. Ginebra: UNRISD. (La primera versión circuló como publicación interna del UNRISD en 1978.)
- García, R. (1986). Conceptos básicos para el estudio de sistemas complejos, en E. Leff (coord.), *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*. México: Siglo XXI.
- García, R. (1988a). Sociology of science and sociogenesis of knowledge, en *Piaget Today*. Hove y Londres: Lawrence Erlbaum.
- García, R. et al. (1988b). *Modernización en el agro: ¿ventajas comparativas para quién? El caso de los cultivos comerciales en el Bajío*. México: UNRISD, IFIAS y CINVESTAV.
- García, R. et al. (1988 c) *Deterioro ambiental y pobreza en la abundancia productiva. El caso de la Comarca Lagunera*. México: IFIAS, CINVESTAV.
- García, R. (1992). The structure of knowledge and the knowledge of structure, en H. Beilin, P. Pufall, (comps.). *Piaget's Theory Prospects and Possibilities*. Hove y Londres: Lawrence Erlbaum.
- García, R. (1993). *From Planning to Evaluation. A systems approach to sustainable development projects*. Roma: IFAD.
- García, R. (1994). Interdisciplinariedad y sistemas complejos, en E. Leff (comp.), *Ciencias sociales y formación ambiental*. Barcelona: Gedisa.
- García, R. (1997). *La epistemología genética y la ciencia contemporánea*. Buenos Aires: Gedisa.
- García, R. (1998). Conocimiento del mundo físico: las teorías como

- guía de la observación, en L. de la Peña (coord.), *Ciencias de la materia. Génesis y evolución de sus conceptos fundamentales*. México: Siglo XXI.
- Gil Antón, M. (1997). *Conocimiento científico y acción social. Crítica epistemológica a la concepción de la ciencia en Max Weber*. Barcelona: Gedisa.
- Goldmann, L. (1955). *Le dieu caché. Etude sur la vision tragique dans les pensées de Pascal et dans le théâtre de Racine*. París: Librairie Gallimard.
- Goodman, N. (1990). *Of Mind and Other Matters*. Harvard University Press. [*De la mente y otras materias*. Madrid: Visor, 1995.]
- Höfding, H. *Historia de la filosofía moderna*.
- Kant, E. (1988). *Crítica de la razón pura*. México: Porrúa.
- Knight, D. M. (1975). German science in the romantic period, en M. Crosland (comp.), *The Emergence of Science in Western Europe*. Londres: Macmillan Press.
- Lakatos, I. y Musgrave, A. (comps.). (1970). *Criticism and the Growth of Knowledge*. Cambridge University Press. [*La crítica y el desarrollo del conocimiento*. Barcelona: Grijalbo Mondadori, 1974.]
- Le Robert (1992). *Dictionnaire Historique de la Langue Française* (2 tomos). París: Dictionnaires Le Robert.
- Merz, J. T. (1907). *A History of European Thought in the Nineteenth Century*. Edimburgo y Londres: W. Blackwood.
- Needham, J. (1956). *Science and Civilisation in China*. 7 volúmenes. Cambridge University Press.
- Needham, J. (1978). *La ciencia y la tecnología chinas*. México: Siglo XXI.
- Nicolis, G. y Prigogine, I. (1977). *Self-organization in Nonequilibrium Systems*. Nueva York: Wiley.
- Oxford English Dictionary on Historical Principles*. (1973). Oxford: Clarendon Press.
- Peirce, Charles S. (1934). *Collected Papers, volume V Pragmatism and Pragmaticism*. Cambridge: Harvard University Press.
- Piaget, J. (1946a). *Les notions des mouvement et de vitesse chez l'enfant*. París: Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1946b). *Le développement de la notion de temps chez l'enfant*. París: Presses Universitaires de France. [*Desarrollo de la noción del tiempo en el niño*. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica, 1992.]
- Piaget, J. e Inhelder, B. (1947), *La représentation de l'espace chez l'enfant*. París: Presses Universitaires de France. [*La representación del mundo en el niño*. Madrid: Morata, 1997.]

- Piaget, J. (1950). *Introduction à l'épistémologie génétique*, (3 volumes). Paris: Presses Universitaires de France. [*Introducción a la epistemología genética*. Buenos Aires: Paidós, 1978.]
- Piaget, J. et al. (1957). *L'épistémologie de l'espace*. Paris: Presses Universitaires de France. [*La epistemología del espacio*. Buenos Aires: El Ateneo, 1971.]
- Piaget, J. (1961). *Les mécanismes perceptifs*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (1965). *Sagesse et illusions de la philosophie*. Paris: Presses Universitaires de France. [*Sabiduría e ilusiones de la filosofía*. Barcelona: Edicions 62, 1988.]
- Piaget, J. et al. (1974). *Réussir et comprendre*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. (postfacio de R. García). (1980). *Les formes élémentaires de la dialectique*. Paris: Gallimard. [*Las formas elementales de la dialéctica*. Barcelona: Gedisa, 1982.]
- Piaget, J. et al. (1981a). *Le possible et le nécessaire*. 1 *L'évolution des possibles chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. et al. (1981b). *Le possible et le nécessaire*. 2 *L'évolution du nécessaire chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Piaget, J. y García, R. (1983). *Psicogénèse et histoire des sciences*. Paris: Flammarion. [*Psicogénesis e historia de la ciencia*. Madrid y México: Siglo XXI, 1983.]
- Piaget, J. y García, R. (prefacio de B. Inhelder). (1987). *Vers une logique des significations*. Ginebra: Murionde. [*Hacia una lógica de significaciones*. México: Gedisa, 1989.]
- Piaget, J. (prefacio de S. Papert). (1990). *Morphismes et Catégories. Comparer et Transformer*. Neuchâtel y Paris: Delachaux et Niestlé.
- Prigogine, I. (1980). *Physique, Temps et Devenir*. Paris: Mason.
- Putnam, H. (1983). Realism and reason, en *Philosophical Papers*, vol. 3. Cambridge University Press.
- Putnam, H. (1990). *Realism with a Human Face*. Harvard University Press. [*Las mil caras del realismo*. Barcelona: Paidós Ibérica, 1994.]
- Quine, W. V. (1969). *Ontological Relativity and Other Essays*. Nueva York: Columbia University Press. [*La relatividad ontológica y otros ensayos*. Madrid: Tecnos, 1974.]
- Quine, W. V. (1973). *The Roots of Reference*. Chicago: Open Court Publishing Co. [*Las raíces de la referencia*. Madrid: Alianza, 1988.]
- Quine, W. V. (1986). *Theories and Things*. Belknap Press of Harvard University Press.

- Quine, W. V. (1997). Respuesta a Robert Nozick, en P. A. Schilpp (comp.), *The Philosophy of W. V. Quine*. Chicago: Open Court.
- Reichenbach, H. (1938). *Experience and Prediction*. Chicago: University of Chicago Press.
- Reichenbach, H. (1975). *The Rise of Scientific Philosophy*. Berkeley: University of California Press. [*Moderna Filosofía de la ciencia*. Madrid: Tecnos, 1965.]
- Russell, B. (1897). *An Essay on the Foundations of Geometry*. Cambridge University Press.
- Russell, B. (1927). *An Inquiry into Meaning and Truth*. Nueva York: Harcourt Brace and Co. Inc. Trench, Londres: Trubner and Co.
- Russell, B. (1937). *A Critical Exposition of the Philosophy of Leibniz*. Cambridge University.
- Russell, B. (1944a). Reply to criticisms, en P. A. Schilpp (comp.), *The Philosophy of Bertrand Russell*. Evanston and Chicago: Northwestern University.
- Russell, B. (1944b). *Human Knowledge. Its scope and limits*. Nueva York: Simon and Schuster. [*El conocimiento humano*. Barcelona: Orbis, 1984.]
- Russell, B. (1945). *Introducción a la filosofía matemática*. Buenos Aires: Losada.
- Russell, B. (1954). *The Analysis of Matter*. Nueva York: Dover Publications, Inc. [*Análisis de la materia*. Madrid: Taurus, 1976.]
- Russell, B. (1972). *History of Western Philosophy*. Nueva York: Simon and Schuster. [*Historia de la filosofía occidental*. Madrid: Espasa-Calpe, 1984.]
- Russell Hanson, N. (1965). *Patterns of Discovery*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Schilpp, P. A. (comp.). (1944). *The Philosophy of Bertrand Russell*. Evanston and Chicago: Northwestern University.
- Schweber, S. (1993). Physics, community and the crisis in physical theory, en *Physics Today*, noviembre de 1993, pp. 34-40.
- Simon, H. A. (1979). *Las ciencias de lo artificial*. Barcelona: ATE.
- Stcherbatsky, Th. (1926). *La Théorie de la Connaissance et la Logique chez les Bouddhistes Tardifs*. París: Librairie Orientaliste Paul Gauthner.
- Suppe, F. (1977). *The Structure of Scientific Theories*. University of Illinois. [*La estructura de las teorías científicas*. Madrid: Nacional, 1979.]
- Weber, M. (1993). *Ética Protestante y el Espíritu del Capitalismo*. México: Cinar.
- Weitz, M. (1944). Analysis and the unity of Russell's philosophy, en P.

- A. Schilpp (comp.), *The Philosophy of Bertrand Russell*. Evanston y Chicago: Northwestern University.
- Whitehead, A. N. (1925). *Science and the Modern World*, Lowell Institute Lectures. Nueva York: Macmillan Company y Cambridge University Press, 1926.
- Yu-Lan, F. (1944). *The Spirit of Chinese Philosophy*. Londres: Routledge y Kegan Paul Ltd.

Volúmenes de la colección *Etudes de Epistémologie Génétique* citados en la obra:

- [EEG I], Beth, E., Mays, W. y Piaget, J.. *Epistémologie génétique et recherche psychologique*. París: Presses Universitaires de France, 1957.
- [EEG II], Apostel, L., Mandelbrot, B. y Piaget, J. *Logique et équilibre*. París: Presses Universitaires de France, 1957.
- [EEG V], Jonckheere, A., Mandelbrot, B. y Piaget, J. *La lecture de l'expérience*. París: Presses Universitaires de France, 1958.
- [EEG VII], Gréco, P. y Piaget, J. *Apprentissage et connaissance*. París: Presses Universitaires de France, 1959.
- [EEG XIV], Beth, E. y Piaget, J. *Epistémologie mathématique et psychologie, essai sur les relations entre la logique formelle et la pensée réelle*. París: Presses Universitaires de France, 1961. [*Epistemología matemática y psicología*. Barcelona: Grijalbo Mondadori, 1980.]
- [EEG XXVI], Piaget, J. con la colab. de García, R. *Les explications causales*. París: Presses Universitaires de France, 1971. [*Las explicaciones causales*. Barcelona: Barral, 1973.]
- [EEG XXXIII], Piaget, J. *L'équilibration des structures cognitives: problème central du développement*. París: Presses Universitaires de France, 1975.
- [EEG XXXIV], Piaget, J. et al. *Recherches sur L'abstraction réfléchissante, 1re partie: L'abstraction des relations logico-arithmétiques*. París: Presses Universitaires de France, 1977.
- [EEG XXXV], Piaget, J. et al. *Recherches sur L'abstraction réfléchissante, 2e partie: L'abstraction de l'ordre et des relations spatiales*. París: Presses Universitaires de France, 1977.
- [EEG XXXVI], Piaget, J. et al. *Recherches sur la généralisation*. París: Presses Universitaires de France, 1978.
- [EEG XXXVII], Piaget, J. et al. *Recherches sur les correspondences*. París: Presses Universitaires de France, 1980. [*Investigaciones sobre las correspondencias*. Madrid, Alianza, 1982.]



Filosofía de la Ciencia

Serie CLA·DE·MA

gedisa
editorial

Rolando García

El conocimiento en construcción

El objetivo de este libro es reformular, sistematizar y reordenar la epistemología de Jean Piaget como teoría científica integrada. Esto implica actualizar y extenderla a áreas que quedaron necesariamente inconclusas. La teoría epistemológica piagetiana adquiere toda su coherencia a partir de una teoría de sistemas complejos, ofreciendo así una fructífera base para una epistemología constructivista.

La obra parte de las relaciones entre la filosofía y la ciencia durante el siglo XX y concluye con un análisis de la polémica entre los dos gigantes de la Física, Albert Einstein y Niels Bohr, acerca del significado y el alcance *epistemológico* de la teoría cuántica y el problema de la «realidad» que plantea. Éste afecta todas las relaciones entre conocimiento científico y epistemología.

Para poner de relieve la significación de esta polémica, el autor reconstruye algunos momentos claves de las relaciones entre ciencia y filosofía, entre la epistemología, la teoría del conocimiento, la filosofía de la ciencia y la sociología del conocimiento científico.

Rolando García fue discípulo de Carnap, Reichenbach y Piaget. Es físico y meteorólogo, doctor por las Universidades de California y Buenos Aires y fue profesor en ambos centros. Desempeñó importantes cargos en prestigiosas instituciones científicas y colaboró con Piaget en el último período de su vida. Gedisa ha publicado su compilación *La epistemología genética y la ciencia contemporánea* y su obra *Hacia una lógica de las significaciones* (escrito en coautoría con Jean Piaget).

