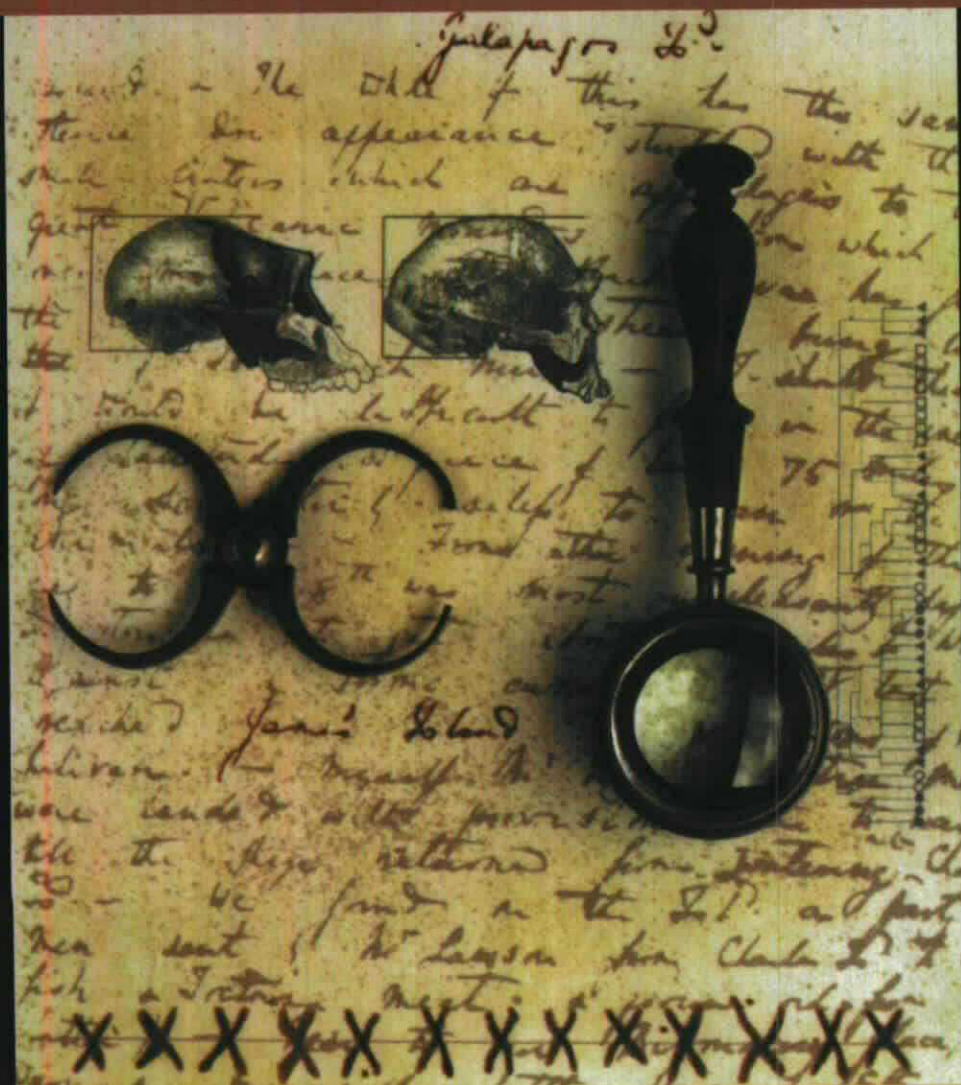


# Historia y explicación en biología

SERGIO MARTÍNEZ / ANA BARAHONA  
(compiladores)

Francisco Ayala • Ana Barahona • Morton Beckner • David Hull  
Stuart A. Kauffman • Richard C. Lewontin • Carlos López  
Sergio Martínez • Ernst Mayr • William B. Provine  
Robert J. Richards • Edna Suárez • William Wimsatt



EDICIONES  
CIENTÍFICAS  
UNIVERSITARIAS

TEXTO CIENTÍFICO  
UNIVERSITARIO

EDICIONES CIENTÍFICAS UNIVERSITARIAS

---

SERIE TEXTO CIENTÍFICO UNIVERSITARIO

HISTORIA Y EXPLICACIÓN EN BIOLOGÍA



SERGIO MARTÍNEZ / ANA BARAHONA  
(compiladores)

# Historia y explicación en biología

Francisco Ayala • Ana Barahona • Morton Beckner  
David Hull • Stuart A. Kauffman  
Richard C. Lewontin • Carlos López  
Sergio Martínez • Ernst Mayr • William B. Provine  
Robert J. Richards • Edna Suárez • William Wimsatt



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FONDO DE CULTURA ECONÓMICA  
MÉXICO



Primera edición, 1998

**TRADUCTORES:**

**ANA LILIA GAONA** tradujo los capítulos:

V. Las bases del conflicto en la explicación biológica  
VI. Realidades y ficciones en las ciencias naturales  
XXII. Los múltiples significados de "teleológico"

**JORGE MARTÍNEZ MUÑOZ** tradujo:

X. El progreso en la evolución y el significado de la vida  
XII. La estructura de la explicación narrativa en historia y biología  
XIII. Sujetos centrales y narraciones históricas

**ANTONIETA RICOY POLIDURA** y **LUIGI AMARA** tradujeron:

III. ¿Cómo escribir historia de la biología?  
IV. Causa y efecto en biología

**EDNA MARÍA SUÁREZ DÍAZ** tradujo:

II. La explicación por articulación de partes en la biología y su búsqueda racional  
XX. La emergencia como no-agregatividad y los sesgos reduccionistas  
XXIII. Función y teleología  
XXIV. Finalidad e intencionalidad en la naturaleza

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra  
—incluido el diseño tipográfico y de portada—,  
sea cual fuere el medio, electrónico o mecánico,  
sin el consentimiento por escrito del editor.

D.R. ©, 1998, FONDO DE CULTURA ECONÓMICA  
Carretera Picacho-Ajusco 227, 14200 México, D.F.

ISBN 968-16-5718-7

Impreso en México

## ÍNDICE

Autores . . . . .	15
Prólogo . . . . .	17

### PRIMERA PARTE HISTORIA Y CAUSALIDAD EN EL DESARROLLO DEL PENSAMIENTO BIOLÓGICO

I. <i>Sobre la relación entre historia y causalidad en la biología</i> , de Sergio F. Martínez . . . . .	23
II. <i>La explicación por articulación de partes en la biología y su búsqueda racional</i> , de Stuart A. Kauffman . . . . .	42
Ejemplo hipotético . . . . .	46
Bibliografía . . . . .	58
III. <i>¿Cómo escribir historia de la biología?</i> , de E. Mayr . . . . .	61
Historias lexicográficas . . . . .	62
Historias cronológicas . . . . .	62
Historias biográficas . . . . .	63
Historias culturales y sociales. . . . .	63
Historias problemáticas . . . . .	66
Subjetividad y prejuicios . . . . .	69
Historiadores contra científicos . . . . .	73
El sesgo de los físicos . . . . .	75
Otros prejuicios . . . . .	75
Trampas y dificultades. . . . .	76
Tempestividad . . . . .	76
Simplificación. . . . .	77
Presupuestos . . . . .	78
¿Por qué estudiar historia de la biología? . . . . .	78
Bibliografía . . . . .	80
IV. <i>Causa y efecto en biología</i> , de E. Mayr . . . . .	82
Dos campos . . . . .	82
Biología funcional, 83; Biología evolutiva, 84	

El problema de la causalidad . . . . .	85
El problema de la teleología . . . . .	87
El problema de la predicción . . . . .	90
Razones para la indeterminación en biología . . . . .	92
Conclusiones . . . . .	94
Bibliografía . . . . .	95
V. <i>Las bases del conflicto en la explicación biológica</i> , de Richard C. Lewontin . . . . .	96
VI. <i>Realidades y ficciones en las ciencias naturales</i> , de Richard C. Lewontin. . . . .	107
La diversidad de las modalidades científicas . . . . .	109
El papel de los hechos en lo particular y en lo general . . . . .	111
Construyendo hechos a partir de una naturaleza no estructurada . . . . .	115
Hechos vivos y muertos . . . . .	116
Los cánones de la evidencia. . . . .	119
SEGUNDA PARTE	
EL PROGRESO EN LA CIENCIA Y EN LA BIOLOGÍA	
VII. <i>La idea de progreso en biología</i> , de Ana Barahona. . . . .	125
El progreso en biología . . . . .	126
El progreso científico en el siglo XIX . . . . .	130
El progreso en Darwin. . . . .	131
El progreso después de Darwin. . . . .	134
El progreso en la actualidad . . . . .	135
VIII. <i>El progreso biológico</i> , de Francisco J. Ayala . . . . .	139
El progreso y sus paradojas. . . . .	139
El concepto de progreso. . . . .	140
Clases de progreso . . . . .	143
Progreso uniforme y progreso general. . . . .	144
La expansión de la vida como progreso general . . . . .	145
Criterios de progreso particular . . . . .	148
La capacidad de adquirir y procesar información . . . . .	149
Conclusión: la vida y su diversidad de juegos. . . . .	152
Bibliografía . . . . .	153

IX. <i>Sobre los conceptos de progreso y evolución en el siglo XIX</i> , de Sergio F. Martínez . . . . .	155
X. <i>El progreso en la evolución y el significado de la vida</i> , de William B. Provine . . . . .	168
Julian Huxley y el progreso en la evolución . . . . .	169
La síntesis evolutiva . . . . .	172
Una interpretación diferente: la constricción evolutiva . . . . .	177
Julian Huxley, la constricción evolutiva y el progreso . . . . .	181
Las implicaciones de la constricción evolutiva . . . . .	183
Intentos para escapar de lo inevitable . . . . .	185
El significado de la vida . . . . .	188
Fundamentos para la ética . . . . .	189
Conclusión . . . . .	190
Bibliografía . . . . .	190

TERCERA PARTE  
EXPLICACIONES NARRATIVAS:  
MODELOS FILOSÓFICOS

XI. <i>Narrativa y explicación en las ciencias naturales</i> , de Carlos López Beltrán . . . . .	197
Introducción . . . . .	197
La narración y sus funciones. . . . .	200
Los dilemas de la narrativa. . . . .	205
Explicación nomológica vs. explicación narrativa . . . . .	208
Bibliografía . . . . .	210
XII. <i>La estructura de la explicación narrativa en historia y biología</i> , de Robert J. Richards . . . . .	212
Narraciones y acontecimientos narrados. . . . .	216
Perspectiva narrativa y autoridad . . . . .	220
Las dimensiones temporales de la narrativa . . . . .	224
El tiempo de los acontecimientos y el tiempo de los acontecimientos narrados, 224; El tiempo de la narración, 225; El tiempo de la construcción narrativa, 227	
Causalidad eficiente y causalidad final en las descripciones narrativas. . . . .	229

La causalidad en la naturaleza, 229; La causalidad de los acontecimientos narrados, 230; La causalidad de la narración, 231; La causalidad de la construcción narrativa, 232 . . . . .	
La explicación en la historia y la ciencia . . . . .	233
<i>El origen de la especie</i> como una narración opaca. . . . .	244
Agradecimientos . . . . .	245
Bibliografía . . . . .	245
<b>XIII. <i>Sujetos centrales y narraciones históricas</i>, de David Hull . . . . .</b>	<b>247</b>
Los sujetos centrales como entidades históricas . . . . .	249
El papel de los sujetos centrales en la historia . . . . .	255
El papel de las teorías científicas en la historiografía . . . . .	259
Los temas centrales como individuos únicos . . . . .	265
Las ideas como temas centrales . . . . .	268
La naturaleza explicativa de las narraciones históricas . . . . .	270
<b>CUARTA PARTE</b>	
<b>EXPLICACIONES BIOLÓGICAS: ALGUNOS EJEMPLOS</b>	
<b>XIV. <i>Explicación narrativa y explicación estadística en medicina y biología</i>, de Carlos López Beltrán. . . . .</b>	<b>275</b>
Introducción . . . . .	275
De la explicación en ciencias . . . . .	276
Lo individual vs. lo típico. El caso clínico. . . . .	278
La explicación evolucionista . . . . .	284
Bibliografía . . . . .	288
<b>XV. <i>El trabajo de Barbara McClintock y su relación con la articulación de un patrón de explicación en genética</i>, de Ana Barahona . . . . .</b>	<b>289</b>
Introducción . . . . .	289
Citogenética del maíz y el trabajo de Barbara McClintock . . . . .	290
La localización de un mecanismo: la transposición genética . . . . .	292
La lenta aceptación de la transposición . . . . .	295
La incorporación de la transposición en la explicación de otros fenómenos . . . . .	297
Conclusiones . . . . .	300
<b>XVI. <i>La síntesis de los conceptos de evolución y mecanismo en las explicaciones por selección natural</i>, de Sergio F. Martínez . . . . .</b>	<b>301</b>

XVII. *La selección natural como explicación causal en la evolución biológica*, de Francisco J. Ayala . . . . . 320

    Mitos primitivos . . . . . 320

    La Edad Media y el Siglo de las Luces . . . . . 320

    Lamarck . . . . . 322

    Darwin . . . . . 322

    La revolución darwiniana . . . . . 324

    La selección natural . . . . . 325

    Controversias . . . . . 326

    Mendel y la genética . . . . . 327

    La teoría sintética. . . . . 329

    La evolución molecular y otros avances recientes . . . . . 331

    Bibliografía . . . . . 333

QUINTA PARTE  
REDUCCIONISMO EN BIOLOGÍA

XVIII. *El problema del reduccionismo en biología: tendencias y debates actuales*, de Edna Suárez y Sergio F. Martínez. . . . . 337

    Introducción. . . . . 337

    La reducción entre teorías. El modelo clásico de Nagel . . . 341

    Los problemas del modelo clásico en biología. La estructura de las teorías biológicas. . . . . 343

    Los problemas de la concepción clásica. ¿Es posible traducir términos entre teorías diferentes? . . . . . 349

    El reduccionismo explicativo . . . . . 351

    El enfoque funcional del reduccionismo . . . . . 353

    Niveles de organización, complejidad y emergencia . . . . . 356

    Reduccionismo y biología: un panorama de los debates actuales . . . . . 359

    ¿Es necesaria una nueva síntesis evolutiva?. . . . . 362

    Conclusiones . . . . . 367

    Bibliografía . . . . . 367

XIX. *Reducción en biología*, de Francisco J. Ayala . . . . . 371

    Puntualismo contra gradualismo . . . . . 372

    El tema del reduccionismo . . . . . 374

    Procesos microevolutivos y ritmo de la evolución . . . . . 377

    La autonomía de la macroevolución . . . . . 380

XX. <i>La emergencia como no-agregatividad y los sesgos reduccionistas</i> , de William C. Wimsatt . . . . .	385
Introducción: reducción y emergencia . . . . .	385
Agregatividad. . . . .	387
Complejidades de perspectiva, contextuales y representacionales, o "¡no es tan simple como eso!". . . . .	395
Un ejemplo detallado de la genética de sistemas multi-locus, 395	
La adaptación ambiental de grano fino y grano grueso, una paradoja derivada de un acercamiento formalista a la agregatividad . . . . .	402
La agregatividad como una heurística para descubrir descomposiciones adecuadas y nuestros conceptos de tipos naturales. . . . .	405
La vuelta al reduccionismo. . . . .	409
Bibliografía. . . . .	413
SEXTA PARTE	
TELEOLOGÍA	
XXI. <i>Teleología y biología</i> , de Ana Barahona y Sergio Martínez . . . . .	419
Bibliografía. . . . .	430
XXII. <i>Los múltiples significados de "teleológico"</i> , de Ernst Mayr . . . . .	431
Objeciones tradicionales al uso del lenguaje teleológico . . . . .	433
La heterogeneidad de los fenómenos teleológicos. . . . .	434
Secuencias evolutivas unidireccionales. . . . .	435
Procesos aparente o genuinamente dirigidos a un fin . . . . .	437
El significado de la palabra "programa" . . . . .	443
¿Cómo opera el programa?. . . . .	444
Los sistemas teleológicos . . . . .	445
La naturaleza heurística del lenguaje teleonómico . . . . .	448
Aristóteles y la teleología . . . . .	450
Kant y la teleología cósmica . . . . .	452
Conclusiones . . . . .	455
Comentario. . . . .	456
Bibliografía. . . . .	459
XXIII. <i>Función y teleología</i> , de Morton Beckner . . . . .	462

Introducción . . . . .	462
Función, 462; Finalidades e intenciones, 462; Finalidades y funciones, 464; Funciones, finalidades e intenciones, 465	
Atribuciones funcionales . . . . .	465
Eliminabilidad . . . . .	473
Conclusión. . . . .	476
Bibliografía . . . . .	477
 XXIV. <i>Finalidad e intencionalidad en la naturaleza</i> , de William C. Wimsatt . . . . .	 478
 XXV. <i>Teleología y adaptación en la evolución biológica</i> , de Francisco J. Ayala . . . . .	 495
El concepto de teleología . . . . .	495
Teleología natural y teleología artificial . . . . .	498
Los críticos y sus errores . . . . .	500
Selección natural y adaptación . . . . .	503
Bibliografía . . . . .	509





## AUTORES

FRANCISCO J. AYALA  
Ecology & Evolutionary Department  
University of California  
Irvine, CA 927 17-0000  
USA

Tel. 714/834-8293  
E-mail: [fjayala@uci.edu](mailto:fjayala@uci.edu)

ANA BARAHONA  
Laboratorio de Historia de la Biología  
Facultad de Ciencias, UNAM  
Circuito Exterior, Cd. Universitaria. C. P. 04510  
México, D. F.

Tel. 525 622 4911  
E-mail: [abe@hp.fciencias.unam.mx](mailto:abe@hp.fciencias.unam.mx)

MORTON BECKNER  
University of California, Pomona, College

HULL DAVID  
Department of Philosophy 1818 N. Hinman  
Northwestern University, Evanston, IL 60208-1315  
USA

Tel. 847 491 3656  
E-mail: [D-hull@nwu.edu](mailto:D-hull@nwu.edu)

STUART A. KAUFFMAN  
Columbia University

E-mail: [SK17@mhoroc.columbia.edu](mailto:SK17@mhoroc.columbia.edu)

RICHARD C. LEWONTIN  
Amer. Mus of Comp Zool. Harvard University  
226 Oxford Street, Cambridge, MA 02138.  
USA

Tel. 617/495-22476

CARLOS LÓPEZ

Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM  
Circuito Mario de la Cueva, Cd. Universitaria, C. P. 04510  
México, D. F.

Tel. 5205 622 7223

E-mail: lbeltran@servidor.unam.mx

SERGIO F. MARTÍNEZ

Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM  
Circuito Mario de la Cueva, Cd. Universitaria, C. P. 04510  
México, D. F.

Tel. 6 22 72 20

E-mail: sfmar@servidor.unam.mx

ERNST MAYR

Amer. Mus of Comp Zool. Harvard University  
226 Oxford Street, Cambridge, MA 02138.  
USA.

Tel. 617/495-22476

E-mail: emayr@oeb.harvard.edu

WILLIAM B. PROVINÉ

Section of Ecology and Systematics and Department of History  
Cornell University, Ithaca, Nueva York 14853

ROBERT RICHARDS

Departments of History Philosophy and Biological Psychology,  
University of Chicago  
1126 East 59th St., Chicago, IL 60637  
USA.

Tel. 312/702-8348

E-mail: rjr6@midway.uchicago.edu

EDNA SUÁREZ

Laboratorio de Historia de la Biología, Facultad de Ciencias, UNAM  
Circuito Exterior, Cd. Universitaria. C. P. 04510  
México. D. F.

Tel. 525 622 4911

E-mail: emsd@fciencias.unam.mx

WILLIAM WIMSATT

Philosophy Department  
1050 E. 59th Street, University of Chicago.  
Chicago, IL 60637-0000  
USA

Tel. 312/702-859

E-mail: wwim@quads.uchicago.edu

## PRÓLOGO

En la segunda mitad del siglo xx los intentos por entender esa compleja trama de prácticas que constituye la ciencia tienen como centro de gravedad un complejo esfuerzo multidisciplinario conocido como "estudios sobre la ciencia". La relación entre la historia y la filosofía de la biología es una parte importante de esos estudios. Este libro presenta una serie de artículos de diferentes autores organizados alrededor de temas y problemas de la historia y la filosofía de la biología contemporánea que muestran el alcance de este tipo de enfoque. En particular, el libro, a través del contraste de puntos de vista que tiene lugar en sus diferentes partes, intenta aproximarse a varios problemas metodológicos y epistemológicos importantes que surgen al reflexionar acerca de los diferentes sentidos en los que la teoría de la evolución, y por ende una buena parte de la biología contemporánea, puede entenderse como una ciencia histórica.

Nuestro objetivo puede parecer contradictorio, tanto para el científico, formado en el ideal de las ciencias físicas, como para el historiador o el filósofo, educados a pensar en la diferencia metodológica entre las ciencias naturales y las ciencias históricas como una cuestión de falta de madurez de las segundas. No es fácil responder a este tipo de prejuicios en pocas palabras, todo lo que podemos decir por ahora es que el desarrollo de la historia y la filosofía de la biología en las últimas décadas, y más en general los estudios de la biología, han dado frutos que muestran claramente la importancia de abandonar ese tipo de prejuicios. En todo caso el lector puede juzgar por sí mismo si se adentra en las discusiones que siguen.

En la tradición empirista en filosofía de la ciencia se celebra como un gran acontecimiento la publicación del famoso trabajo de Carl Hempel y Paul Oppenheim "La lógica de la explicación" (traducción al castellano en *La explicación científica*, Paidós, 1979, reimpresión, 1996). En este trabajo Hempel y Oppenheim caracterizan la estructura lógica del que ahora se conoce como el modelo nomológico-deductivo de la explicación. De acuerdo con este modelo las explicaciones científicas son un tipo de argumento deductivo que requiere que de manera indispensable se incorporen leyes científicas (*i.e.* generalizaciones que satisfacen ciertos requisitos de adecuación). En otros trabajos, Hempel pretende mostrar cómo las explicaciones estadísticas y las explicaciones en la historia pueden modelarse de manera similar, como subsunciones bajo leyes.

Si bien desde los años sesenta se ha desvanecido la percepción de que este modelo de la explicación científica es *el* modelo de la explicación para la ciencia, entre muchos filósofos de la ciencia sigue persistiendo la idea de que el problema de la explicación debe plantearse a partir de los problemas y debilidades que este modelo plantea. El libro compilado por Phillip Kitcher y Wesley Salmon, *Scientific Explanation* (Minnesota University Press, 1989) es un ejemplo típico de la persistencia de esta manera de plantear el problema de la explicación en la ciencia. Sin embargo, el reconocimiento de la existencia de importantes conexiones entre la historia, la sociología y la filosofía de la ciencia que tiene lugar a través de ese esfuerzo multidisciplinario, que son los llamados "estudios sobre la ciencia", muchas veces ignorados por los filósofos de la ciencia, tiene importantes implicaciones para el estudio del tema de la explicación.

En primer lugar, el historicismo en la "nueva filosofía de la ciencia" apunta a la implausibilidad del supuesto central de la tradición heppeliana, a saber el supuesto de que existe algún tipo de "estructura lógica" de la explicación científica (o algunos cuantos tipos de estructura) que una vez reconstruidas apropiadamente, es posible detectarlas en todas las explicaciones correctas de las diferentes ciencias. Los estudios sobre la ciencia a finales del siglo XX, con su énfasis en la importancia que tienen las diferentes dimensiones prácticas del saber en la estructuración e interacción de las diferentes disciplinas científicas, no sólo hace implausible este supuesto formalista sino que hace indispensable el reconocimiento de la importancia del desarrollo histórico-social de la ciencia en la explicación de la estructura del saber científico. Esta convicción constituye el punto de partida de este libro, y motiva la selección y la organización de los trabajos.

Así, de manera intencional, no se respetan distinciones usualmente reconocidas en discusiones filosóficas, por ejemplo, entre problemas en historiografía o filosofía de la historia y problemas relativos al papel de las leyes en las explicaciones. La organización de los diferentes trabajos alrededor de temas como "historia y causalidad", o el contraste que sale a relucir de una lectura de los diferentes trabajos en las secciones sobre reduccionismo o teleología, surge precisamente de esa convicción de que la manera tradicional de plantearse los problemas filosóficos que involucran conceptos tales como causalidad, ley, azar y explicación, es inadecuada, y que es sólo a través de una reflexión filosófica mucho más cercana a la manera como los problemas han sido planteados (implícitamente, por lo general) a través de la historia de la ciencia, que podemos llegar a tener una perspectiva de esos conceptos. En este libro no se pretenden elaborar o defender tales presupuestos, sino más bien presentar, desde una perspectiva motivada por ellos, una serie de discusiones

contemporáneas que muestran la importancia de esta manera de enfocar los problemas.

Cada una de las partes inicia con un artículo que introduce el tema. Este artículo introductorio ha sido escrito por miembros de nuestro grupo de investigación en estudios sobre la biología en la UNAM. Los artículos introductorios no son una mera presentación de los artículos en la sección correspondiente, sino que buscan plantearse los problemas centrales desde una perspectiva crítica, así como hacer ver las relaciones entre tales problemas. Estos artículos introductorios también ayudan a poner en perspectiva los artículos compilados, pero es importante que el lector recuerde que no pretenden ser una presentación imparcial de esos artículos (si es que tal cosa pudiera hacerse).

Dicho lo anterior, no es sorprendente que el tema central del libro, sea el papel de la historia en las explicaciones en biología. Este tema se trata desde diferentes perspectivas, por sus diversas implicaciones, en las diferentes secciones del libro. Los diferentes autores tienen ideas muy diversas en torno al tema, pero todos coinciden en reconocer su importancia para cualquier intento por entender la estructura de las explicaciones en (por lo menos parte de) la biología. Por supuesto que "el papel de la historia en la biología" es una frase ambigua. Se refiere por lo menos a tres cosas diferentes. En primer lugar, se refiere al sentido en el cual una explicación en la biología tiene que entenderse como la explicación de un proceso histórico, y en ese sentido tiene que inmiscuirse con cuestiones tradicionalmente tratadas en cursos de historiografía o filosofía y teoría de la historia. A este respecto se hace referencia sobre todo en los trabajos de las partes I "Historia y causalidad en el desarrollo del pensamiento biológico" y III "Explicaciones narrativas: modelos filosóficos". En segundo lugar, la frase se refiere al sentido en el cual la biología evolucionista trata de "causas últimas", esto es, al sentido en el cual la teoría de la evolución es una teoría que intenta modelar un proceso causal en el cual se enmarca la historia de la vida, y en particular acerca de cómo esa explicación requiere, o no, hablar de "fines" (y la manera como esos fines pueden y deben entenderse de manera naturalista). Varios de los trabajos en las partes IV "Explicaciones biológicas: algunos ejemplos", V "Reduccionismo en biología" y VI "Teleología" tratan de manera incisiva este sentido en el que la biología es una ciencia histórica. Por último, la frase se refiere a las dificultades que plantea la afirmación de que muchas explicaciones en biología pretenden ser a la vez explicaciones causales e históricas. En la filosofía y la historia hay una tendencia heredada del positivismo de pensar que estos dos tipos de explicaciones son excluyentes, lo cual tiende a generar dificultades al tratar de entender problemas como el de progreso en biología. Este tema, y los intentos por

superar la tensión entre estos conceptos, es una cuestión recurrente entre los trabajos de las partes I y II y aunque de manera menos insistente es un tema que surge en muchos otros trabajos del libro.

Los estudios sobre la biología son hoy un complejo entramado de estudios acerca de la manera cómo la biología se ha constituido en diferentes disciplinas científicas y, en particular, la manera cómo se relaciona con otras disciplinas a través de problemas metodológicos compartidos. El campo es muy amplio, y no pretendemos que este libro sea una introducción imparcial a sus temas principales. Como ya dijimos ésta es una obra comprometida con una cierta manera de entender los problemas y de promover la investigación en esos temas en nuestro idioma. Dejamos a otros la presentación de otros puntos de vista y de otras maneras de entender esa relación. Si ésta es una manera fructífera de enfocar los problemas el tiempo y los lectores dirán.

Este libro es el resultado de un proyecto apoyado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA-UNAM) (IN600192) posteriormente continuado con apoyo de otros proyectos de la DGAPA (en particular el proyecto IN400794) y del CONACYT (en particular del proyecto 4337-H).

ANA BARAHONA  
SERGIO MARTÍNEZ

PRIMERA PARTE

HISTORIA Y CAUSALIDAD  
EN EL DESARROLLO  
DEL PENSAMIENTO BIOLÓGICO





## I. SOBRE LA RELACIÓN ENTRE HISTORIA Y CAUSALIDAD EN LA BIOLOGÍA

SERGIO F. MARTÍNEZ

[La historia] nunca es la reconstrucción o la reproducción de un pasado dado. Ningún pasado es dado. Sólo la tradición es dada.

JOAN HUIZINGA, "A Definition of the Concept of History".

### I

UNA DE LAS IDEAS más persistentes en el fondo de muchas discusiones filosóficas en la primera mitad del siglo XX es la identificación de causalidad con determinismo, y en particular la hipótesis de que defender la importancia de causas para la formulación de explicaciones en un dominio de conocimiento es equivalente a sostener que en ese dominio subyace un férreo determinismo que fundamenta nuestras capacidades de predicción. Irónicamente, al mismo tiempo, esta idea se afianza en los fundamentos de las diferentes ciencias como parte de una dinámica interrelacionada en la que las probabilidades empiezan a tornarse indispensables desde un punto de vista metodológico. Precisamente porque se hace esta identificación entre causalidad y determinismo, en la primera mitad del siglo XX hay un cierto consenso de que la ciencia no tiene que ver con causas. Bertrand Russell es célebre por haber comparado el lenguaje de causas con la monarquía. Ambos, nos dice Russell, son "reliquias de eras pasadas".<sup>1</sup>

Esta identificación entre causalidad y determinismo tiene profundas implicaciones para la manera como se entiende la relación entre causalidad e historia. Como Popper argumenta, en una serie de escritos en la primera mitad del siglo XX, la historia no puede tener causas porque eso implicaría que la historia tiene capacidad de predicción.

No puedo detenerme aquí a tomar en serio este tipo de "antihistoricis-

<sup>1</sup> "On the Notion of Cause", conferencia como presidente de la Aristotelian Society, noviembre de 1912. Recopilada en la colección de ensayos *Mysticism and Logic*, Londres, Unwin Books, 1963.

mo". Mi interés en este capítulo no es explicar lo que está mal con esta confusión tan influyente entre causalidad y determinismo. Hay muchos trabajos que en las últimas décadas han llevado a cabo esta labor. Historiadores sociales como H. E. Carr, e historiadores y filósofos de la biología como J. S. Gould, J. Hodge, T. Goudge, W. Wimsatt y D. Hull han desarrollado una visión muy diferente a la que prevalecía a mediados de siglo con respecto a la relación entre causalidad e historia en general y en biología en particular.<sup>2</sup> Mi intención es sacar a luz una manera de entender la relación entre causalidad e historia que evite identificar causalidad con determinismo, implícita en las maneras usuales de entender el concepto de mecanismo. Desde esta perspectiva, hacer un bosquejo de la historia del mecanicismo como ideal filosófico es un paso obligado a mi conclusión. Posteriormente utilizo este contexto para situar los trabajos que incorporamos en esta sección.

## II

Descartes es famoso por haber escrito la célebre fundamentación filosófica del tipo de conocimiento al que aspira la ciencia moderna. En primer lugar, Descartes intenta demostrar que, a partir de algunas verdades metafísicas, es posible derivar las leyes básicas que rigen el comportamiento mecánico de los corpúsculos de los cuales están compuestos todos los objetos materiales. En segundo lugar, argumenta que todo conocimiento científico tiene que provenir de una explicación mecanicista —*i.e.* en términos de mecanismos—. Para Descartes y sus contemporáneos un mecanismo podía referirse a dos nociones diferentes aún no distinguidas en el siglo XVII. Por un lado, un mecanismo se refería a un proceso explicable mediante las leyes mecánicas del movimiento (las

<sup>2</sup> Véase por ejemplo, "History and Causality" de H. E. Carr, en *What is History?*, Londres, Macmillan, 1961. Acerca de la historia de la identificación del concepto de determinismo con causalidad véase el libro de Ian Hacking *The Taming of Chance*, Cambridge, 1990 (Hay traducción al español). El libro de T. Goudge *The Ascent of Life*, Londres, 1961, fue determinante para sentar las bases de una relación diferente, simbiótica, entre causalidad e historia, una manera de ver la relación que no sólo no excluye de entrada la importancia del papel de la causalidad en explicaciones en la teoría de la evolución en tanto que explicaciones históricas, sino que plantea esta relación como indispensable y distintiva del tipo de explicaciones que genera la teoría de la evolución de Darwin. Ciertamente la relación entre explicaciones por selección natural y explicaciones históricas no es un tema cerrado. Una propuesta interesante acerca de esta relación —que incluso llega a sugerir que una reconsideración de las explicaciones históricas en biología debe de abandonar el reduccionismo usual de esas explicaciones a las explicaciones por selección natural— es lo de Peter Taylor, "Historical versus Selectionist Explanations in Evolutionary Biology", *Cladistics*, 3(1) 1986, pp. 1-13. Véase también los artículos y las referencias en los trabajos de la sección sobre explicaciones narrativas en esta antología.

leyes que Descartes pretendía derivar de verdades metafísicas) y, por otro lado, a una versión abstracta de una máquina paradigmática, el reloj (de pared) o, más en general, un dispositivo construido con contrapesos y poleas. Los filósofos mecanicistas pasan de un concepto de mecanicismo a otro sin pestañear. Esto es entendible dada su convicción de que las leyes de la mecánica permiten explicar (y predecir) qué va a pasar con las partículas de un sistema, dada una determinada disposición inicial de éstas, de la misma manera en que dada una configuración de las partes de un reloj, es posible decir cómo va a funcionar el reloj. En ambos casos la idea es que *el todo es reducible a las partes* en un sentido preciso: *el comportamiento de un sistema material puede explicarse exhaustivamente a partir del comportamiento de las partes*. Esta idea asume que no hay una causa interna de cambio, que todo movimiento —y por lo tanto, según los mecanicistas, todo comportamiento— se explica a partir de la acción de fuerzas externas que actúan sobre la forma (y la disposición en el espacio) de la materia. Así como un reloj necesita de algo que impulse el mecanismo, así todo mecanismo requiere de algún principio activo que lo impulse.

En la conclusión de *El tratado del hombre*, Descartes nos dice lo siguiente:<sup>3</sup>

Además, deseo que consideren que todas las funciones descritas como propias de esta máquina, tales como la digestión de los alimentos, el latido del corazón y de las arterias, la alimentación y crecimiento de los miembros, la respiración, la vigilia y el sueño; la recepción de la luz, de los sonidos, de los olores, de los sabores, del calor y tantas otras cualidades, mediante los órganos de los sentidos exteriores; la impresión de sus ideas en el órgano del sentido común y de la imaginación, la retención o la huella que las mismas dejan en la memoria, imitando las de un verdadero hombre lo más perfectamente posible; deseo, digo, que sean consideradas como consecuencia natural de la disposición de los órganos en esta máquina, ni más ni menos, que se sigue algo del arreglo de contrapesos y poleas en un reloj de pared u otro autómata. Por lo que para explicarlo todo no es necesario concebir en esta máquina un alma vegetativa o sensitiva alguna, o cualquier otro principio de movimiento y de vida. Todo puede ser explicado en virtud de su sangre y de los espíritus de la misma agitados por el calor del fuego que continuamente arde en el corazón, y cuya naturaleza no difiere de la de otros fuegos que ocurren en los cuerpos inanimados.

Descartes considera que su mecanicismo muestra que la idea de que hay un alma (o cualquier otro principio inmaterial), que es el principio de todos los movimientos, es fruto de la ignorancia y el prejuicio.

<sup>3</sup> Descartes, *El tratado del hombre*, Madrid, Alianza Universidad, 663, 1990.

Hoogehlande (1590-1651), amigo personal de Descartes, publicó uno de los primeros trabajos del nuevo programa mecanicista cartesiano, en 1646. Su libro, *Thoughts on the Existence of God, the immortality of the Soul... and the Oeconomy of the Animal Body, Expounded and Explained by Mechanical Principles*, da una explicación mecanicista del calor interno del cuerpo, de la digestión y la formación de sangre en el cuerpo, etc. Hoogehlande es muy claro respecto a la importancia y la significación de las explicaciones mecanicistas:

Todas las actividades naturales, los efectos y alteraciones de los cuerpos naturales se producen o dependen de las figuras definidas y el movimiento de los cuerpos [...] No hay explicación o demostración verdadera o indudable que no sea mecánica [...] Todos los filósofos a la búsqueda de las causas de las cosas admiten que las explicaciones en términos de cualidades ocultas —antipatías, simpatías, atracciones— o manifiestas —frío, calor—, no pueden aceptarse como verdaderas y genuinas explicaciones.<sup>4</sup>

En resumen, todas aquellas supuestas “causas” de la tradición escolástica, antipatías, simpatías, atracciones, y toda la gama de “causas finales” que generaban explicaciones “teleológicas”, se convierten en el programa de Descartes en explicaciones espurias, no propiamente científicas.

Esta idea central del cartesianismo, el supuesto de la oposición tajante entre mecanicismo y teleología, sigue siendo predominante en muchas áreas de la ciencia y la filosofía de la ciencia aún hoy. En la filosofía de la biología hay muchas discusiones directas o indirectas, acerca de hasta qué punto la teoría de la evolución fundamenta el rechazo o legitima el uso de las causas finales en las explicaciones biológicas, en la medida en que la teoría permite formular claramente que las explicaciones por causas finales son compatibles con explicaciones mecanicistas. En la sección sobre teleología se examina este tema desde la perspectiva del sentido en que la teoría de la evolución legitima el uso de explicaciones por causas finales, *i.e.* explicaciones teleológicas. En esta sección, y en particular en este trabajo, se trata el mismo tema, pero desde la perspectiva de la compatibilidad o incompatibilidad de las explicaciones por causas finales, y muy en particular las explicaciones históricas con las explicaciones mecanicistas.

Pretender que toda explicación que nos da conocimiento genuino es mecanicista excluye a la historia como saber. A lo más, le permite un lugar como una disciplina de segunda, como una crónica o relato meramente descriptivo o “subjetivo”. Según esta idea tradicional, lo subjetivo

<sup>4</sup> Hoogehlande, *Thoughts...*, Leiden, 1646, pp. 123-124.

de las explicaciones históricas proviene de que tales explicaciones requieren que el historiador decida cuáles categorías son apropiadas para que la explicación tenga lugar, y esto requiere introducir valores, fines o causas finales de algún tipo, que no pueden expresarse con criterios objetivos. En las explicaciones de las ciencias naturales, en cambio, lo que queremos explicar son relaciones entre clases de fenómenos o sucesos, y las categorías que nos permiten individualizar y explicar esos fenómenos o sucesos están dadas por leyes de la naturaleza; en este sentido, se dice que tales explicaciones son objetivas.<sup>5</sup> En el caso de las explicaciones históricas, sin embargo, lo que nos interesa explicar son procesos o sucesos "únicos" o "irrepetibles". Capturar esta "irrepetibilidad" o "individualidad" requiere que situemos el proceso o suceso en el contexto de intereses explicativos, que en última instancia constituyen una perspectiva antropocéntrica.

Así, si la pretensión mecanicista es correcta la historia no puede ser conocimiento objetivo. Ahora bien, Descartes y sus seguidores a lo largo de la historia de la ciencia han podido eludir las consecuencias profundamente limitantes de ese tipo de explicaciones porque, a pesar de su negación explícita, implícitamente recurren en sus explicaciones a causas finales o leyes inmanentes. Para explicar este punto es necesario introducir un poco de terminología.

Una causa es inmanente si tiene capacidad intrínseca de favorecer un cierto orden en el mundo. Apelar a una causa inmanente para explicar es apelar a una causa final "intrínseca", y por lo tanto a este tipo de explicaciones se les conoce como teleológicas internalistas. Por ejemplo, para Aristóteles, el fin del desarrollo biológico, la forma viviente, puede entenderse como causa de lo que contribuye a ese fin, a la constitución y permanencia de la forma viviente. Descartes y los mecanicistas piensan que las explicaciones teleológicas en este sentido son o bien explicaciones a la búsqueda de un mecanismo, o bien explicaciones teleológicas en el sentido externalista, *i.e.* en el sentido que postulan una cierta inteligencia "externa" que es responsable del diseño con respecto al cual se pueden entender las leyes como "programas".

Ahora podemos regresar a nuestra discusión del mecanicismo cartesiano. Para Descartes, la universalidad de las leyes de la naturaleza no sólo implicaba que todo fenómeno físico era explicable como un fenómeno mecánico, sino que esas leyes también tenían la capacidad de explicar procesos históricos. Por ejemplo, para Descartes las leyes de la mecánica permitirían responder a preguntas cosmológicas, y en particu-

<sup>5</sup> Por ejemplo, los protones y los electrones se distinguen entre otras cosas por su masa y su carga eléctrica. Éstas son propiedades que están sujetas a leyes de conservación que tienen aplicación universal.

lar explicar cómo se había creado el mundo a partir de un caos inicial. Las leyes de la mecánica forzarían un mundo caótico inicial a un arreglo muy similar a nuestro mundo, a un universo en el que habrían los mismos planetas, las mismas estrellas, el Sol y la Luna. Descartes sugirió incluso que las leyes del movimiento nos permitirían explicar la formación de las montañas, los ríos y los mares, la presencia de los metales en las minas, y también el crecimiento y la diversidad de las plantas en los campos.<sup>6</sup> Pero entonces, o bien la "fuerza causal" de la explicación se hace depender de la causa primera, y por lo tanto explicar un proceso histórico como la formación de nuestro planeta en término de leyes es una ilusión, o las leyes de la naturaleza son inmanentes, tienen un cierto poder de generar un orden que les es propio, y que sería un ejemplo de teleología intrínseca.

Esta ambigüedad en la concepción de ley de la naturaleza de Descartes no le pasó inadvertida a Leibniz, quien pensaba que las leyes mecánicas podían explicar los fenómenos mecánicos, pero que no podía pretenderse que explicaran más allá de esos fenómenos. La explicación de la vida según Leibniz requería la postulación de una causa final, Dios en última instancia. Explicar la naturaleza, para Leibniz, requeriría algo más que leyes mecánicas, requeriría saber acerca del diseño a partir del cual Dios ha creado todas las cosas. Según Leibniz, para descubrir ese diseño tenemos un buen indicio, puesto que sabemos que Dios es el diseñador, y por tanto, el diseño que explica los fenómenos naturales es el mejor diseño, el diseño más eficiente.

La respuesta de Leibniz es problemática e inconclusa, pero encaja en una larga tradición que trata de entender el orden natural como resultado de un diseño preestablecido y, por lo tanto, como resultado de un orden que es sólo inteligible en términos teleológicos; Leibniz concordaba con Descartes que en última instancia se reducía a teleología en el sentido externalista, como haciendo referencia a una inteligencia.

Leibniz tenía razón en que el mecanicismo cartesiano confronta un serio dilema si pretende que la explicación de muchos fenómenos naturales no requieren recurrir a causas finales para explicarlo. O bien la ciencia mecanicista (*i.e.* todo aquel conocimiento que podemos legitimar como el resultado de una explicación mecanicista) abarca muy poco del conocimiento y del tipo de investigación que queremos legitimar, o bien la pretensión de saber, y la viabilidad del proyecto mecanicista se hace descansar en la posibilidad de que conforme la ciencia vaya desarrollándose va a ser posible sustituir todos aquellos aparentes usos

<sup>6</sup> Descartes, *El Mundo o Tratado de la luz*, capítulo xv, traducción de L. Benítez, Mexico, UNAM, 1986.

indispensables de causas finales por causas mecanicistas (*i.e.* explicación por mecanismos).<sup>7</sup>

En el siglo XVII la pretensión de los mecanicistas radicales de que era posible explicar todo el conocimiento, y la organización de los seres vivos en particular, a partir de leyes que se refirieran a la figura y el movimiento de los cuerpos era vista por muchos filósofos naturales (no sólo por Leibniz) con mucho escepticismo. El mismo Newton rechaza el mecanicismo de Descartes por considerar que la pretensión de que todo puede explicarse por medio de mecanismos es una actitud dogmática inaceptable. Newton pensaba que había muchos principios activos, y que las leyes de la mecánica permitían explicar sólo una parte de los fenómenos de la naturaleza. Es más, Newton pensaba que la inercia de los cuerpos era una "fuerza" que hacía a los cuerpos perseverar en su estado de movimiento. Esta manera de hablar puede encontrarse incluso en Descartes y otros mecanicistas supuestamente radicales, y sugiere algo que Newton llegó a decir de diferentes maneras en más de una ocasión: no es posible excluir la posibilidad de que toda la materia esté viva.<sup>8</sup> Otro de los grandes filósofos del siglo XVII, Espinoza, define la vida como "aquella fuerza por la cual las cosas perseveran en su propio ser", una idea que hace explícito algo que incluso aflora en Descartes y Newton, la sugerencia de que la materia, después de todo, no es totalmente pasiva, y que esa actividad está íntimamente ligada con el fenómeno de la vida.

Es necesario alejarse de las historias usuales de la ciencia, las "historias de libro de texto", que tienden a identificar al mecanicismo carte-

<sup>7</sup> Otra manera de resolver este problema fue formulada por Laplace, a finales del siglo XVIII; y hay quienes piensan que implícitamente esta idea juega un papel en la concepción del mecanicismo del siglo XVII. Según Laplace, el mundo es determinista, Dios pudo haber fijado las leyes y las condiciones iniciales de manera tal que, así como un dispositivo mecánico puede hacer que un instrumento toque una melodía, las leyes de la naturaleza van desempacando el plan original a lo largo del tiempo.

Esta solución determinista resuelve el problema de compaginar mecanicismo e historia, pero a un costo muy alto, reduciendo la historia a un supuesto determinismo del mundo natural. En primer lugar, esta solución no parece dejar lugar para algo como la "libertad humana". Este problema es uno de los temas centrales de la filosofía de Kant. En segundo lugar, esta solución no es compatible con la teoría de Darwin ya que si toda transmutación de especies estaba prevista desde un principio entonces no tendría porque haber "imperfecciones" en la manera como un organismo está adaptado a su ambiente. El hecho que existan esas imperfecciones es la base para muchos de los argumentos más importantes que Darwin esgrime en *El origen de las especies* a favor de su teoría de la evolución por selección natural. Finalmente, la física contemporánea nos da buenas razones para pensar que el mundo no es determinista.

<sup>8</sup> Véase por ejemplo, "Force, Active Principles and Newton's Invisible Realm", *Ambix*, 15, 1968, pp. 154-208.



siano con los inicios de la ciencia moderna, esto es el resultado de una simplificación y distorsión de la historia que impide entender muchas controversias de la historia de la ciencia. Leibniz, Spinoza y Newton no se oponen al uso de explicaciones mecanicistas, muy por el contrario, todos ellos contribuyeron a la elaboración de ese patrón de explicación. A lo que ellos se oponen es a la pretensión de que todo lo que es digno o capaz de ser explicado, y por lo tanto entendido como conocimiento, deba explicarse sólo en términos de explicaciones mecanicistas y del tipo de causalidad eficiente que ejemplifica el funcionamiento de un reloj. Leibniz piensa que es necesario incorporar causas finales externas, Dios en última instancia, para entender el fenómeno de la vida. Espinoza y Newton sugieren algo que ha sido una creencia muy extendida desde la más remota antigüedad —y que es particularmente importante en Aristóteles—: que la materia tiene una disposición a la vida —esto es, que la materia tiene poderes causales inmanentes—, y que, por lo tanto, el estudio de los seres vivos no puede desligarse del estudio de la materia; pero no porque la vida pueda explicarse sin causas finales, sino porque las causas finales, los principios activos que permiten explicar la vida, son parte de las potencialidades mismas de la materia.

Leibniz, sobre todo por razones filosóficas y teológicas, rechaza profundamente este tipo de solución. La tradición judeocristiana siempre se opuso a esta interpretación *inmanentista* de las leyes de la naturaleza, según la cual las leyes tienen potencialidades de organización y ordenación que van más allá de lo que es explicable en términos puramente mecánicos.

Sin embargo, el inmanentismo en las leyes de la naturaleza —y con ello algún tipo de causa final— aparece en los escritos de Descartes y de Newton en más de una manera. Decir que el inmanentismo fue desterrado de la ciencia con Descartes y Newton es como decir que la herejía fue desterrada por la Inquisición. A lo más mostraría el grado de influencia que ha tenido una cierta manera de ver las cosas en la reconstrucción de la historia de la ciencia.

### III

En el siglo XVIII, la introducción y subsiguiente éxito de un nuevo tipo de paradigma de lo que es un mecanismo, un mecanismo fisicoquímico que incorpora leyes cuantitativas que describen diferentes maneras en que se transforma la energía, va a permitir reformular de manera más creíble el proyecto mecanicista. Esta concepción de mecanismo va a tener grandes repercusiones en el desarrollo de las ciencias biológicas, sobre todo porque permite el desarrollo de una relación simbiótica entre las tradi-

ciones experimentales y las teorías biológicas. Irónicamente, este avance en la formulación de un paradigma de mecanismo más apropiado para entender el fenómeno de la vida en término de leyes mecanicistas, permite también el desarrollo de posiciones “vitalistas” u “organicistas” que pueden explotar el nuevo concepto de mecanismo. En este capítulo es suficiente caracterizar a un *organicista* (que no distinguiremos de un vitalista) como aquel que piensa que la biología requiere de principios explicativos que no se reducen a las leyes de la fisicoquímica.<sup>9</sup>

Uno de los intentos más sistemáticos de formular las implicaciones de esta nueva versión del mecanicismo a principios del siglo xx es el famoso libro de Jacques Loeb, *The Mechanistic Conception of Life*, cuya primera edición apareció en 1912; formuló el ideal que podemos llamar *neocartesiano* en la versión que ha llegado hasta finales del siglo xx, de manera muy clara y articulada. Según Loeb, la ciencia tiene un patrón de explicación, y ése es el de la explicación mecanicista (fisicoquímico). Cualquier otro tipo de explicación puede tolerarse como el reflejo de un tipo de investigación no madura, pero que eventualmente deberá desaparecer.<sup>10</sup> Ernst Nagel formula esta idea de manera clara y elegante en un artículo publicado en 1951 (y reimpresso posteriormente en varias antologías): “ninguno de los argumentos que ofrecen los organicistas establecen la imposibilidad inherente de dar explicaciones fisicoquímicas de los procesos vitales”. A lo más, nos dice Nagel, los organicistas apuntan que el estado actual de la ciencia no permite formular explicaciones fisicoquímicas en muchas áreas de la biología, pero esto está muy lejos de la pretendida “necesidad” de estudiar y explicar los fenómenos vitales con un punto de vista que privilegie el “todo” con respecto a las partes.

Nagel hace explícito el punto epistemológicamente crucial de la controversia: el carácter privilegiado de las explicaciones mecanicistas des-

<sup>9</sup> En el siglo xx se pueden detectar diferentes variantes de este concepto de mecanismo fisicoquímico, e incluso nuevos paradigmas. Los conceptos de mecanismo homeostático y de mecanismo con retroalimentación pueden verse como variantes de este modelo fisicoquímico. El computador es otra variante de una concepción de mecanismo que es por supuesto muy importante para la formulación de versiones contemporáneas del cartesianismo, pero para los propósitos de este trabajo podemos dejar este modelo de mecanismo de lado. Sobre el tema de la evolución de las máquinas y su repercusión en la cultura humana véase de B. Mazlish, *The Fourth Dimension, the Co-evolution of Humans and Machines*, Yale University Press, 1993.

<sup>10</sup> Una versión todavía más dogmática de este ideal la formula Monod en su famoso libro *El azar y la necesidad* (publicado por primera vez en 1970): “la piedra angular del método científico postula que la naturaleza es objetiva”. En otras palabras, consiste en el rechazo sistemático de la idea que el conocimiento “verdadero” puede ser obtenido por medio de la interpretación de fenómenos en términos de causas finales, o lo que es lo mismo, de “propósito” (véase la página 20 de la edición inglesa publicada por Vintage Books, en 1972).

cansa en el hecho de que no hay *ninguna explicación alternativa basada en una teoría empíricamente adecuada, que compita con el patrón mecanicista de explicación*. Un “impulso vital”, o una “armonía”, o una “relación dominante del todo y las partes” son, como las “entelequias” escolásticas que criticaba Descartes, una expresión de un sentimiento metafísico o místico, pero *de ninguna manera antes teóricos de teorías empíricas*.<sup>11</sup>

La manera en que Nagel plantea el problema para el organicista, y como lo resuelve en favor del mecanicista es muy cercana a la forma en que lo hace Loeb en 1912. Vale la pena, sin embargo, citar a Loeb para ver explícitamente un aspecto crucial de la discusión, y de la estrategia del mecanicista desde Descartes.

¿Cómo concebir esa maravillosa “adaptación” de cada parte al todo, por medio de la cual un organismo llega a ser posible? El metafísico encuentra en la respuesta a esta pregunta una oportunidad de anteponer a lo meramente físico y químico algo que es característico y distintivo de la vida: *Zielstrebigkeit* [esfuerzo por alcanzar un fin], la “armonía” de los fenómenos, o los “dominantes” de Reinke y cosas similares. Que una parte esté construida de manera tal que sirva al “todo” es sólo una expresión oscura del hecho que una especie es sólo capaz de vivir —o para usar la expresión de Roux— es sólo durable si está provista con un mecanismo automático de autopreservación y reproducción. Si, por ejemplo, hubiera un animal de sangre caliente que surgiera sin un sistema circulatorio no podría permanecer con vida, y ésa es la razón por la cual no encontramos nunca esas especies.<sup>12</sup>

Loeb es enfático: no necesitamos recurrir a una teoría oscura que apele a causas finales como “impulso vital”, o “armonía” para explicar *el único tipo de hechos que parecerían requerir una explicación diferente a la del patrón mecanicista*, a saber, *la adaptación de una parte al todo en los seres vivos*. Para explicar este tipo de hechos, nos dice Loeb, es suficiente reconocer que sólo sobreviven los mejores diseños, y que los diseños defectuosos simplemente no sobreviven.

Nagel y Loeb cometen el mismo error que Descartes en su entusiasmo por el mecanicismo: recurrir a la ambigüedad entre leyes inmanentes y no-inmanentes en un punto crucial de la argumentación. Las leyes mecanicistas inmanentes pueden explicar procesos históricos, pero introducen por la puerta de atrás lo que pretenden expulsar por la puerta delantera, algún tipo de causas finales que “desde adentro” dirigen un

<sup>11</sup> El artículo de Nagel al que me refiero es “Mechanistic Explanation and Organismic Biology”, publicado originalmente en *Philosophy and Phenomenological Research*, vol. 11,3, marzo 1951, pp. 327-338.

<sup>12</sup> Loeb, *The Mechanistic Conception of Life*, por Jacques Loeb, The University of Chicago Press, 1912, p. 24.

proceso hacia un fin determinado. Las leyes mecanicistas no-inmanentes no pueden explicar un proceso histórico, todo lo que explican está en el presente.<sup>13</sup>

Para ver más claramente cómo cometen ese error Nagel y Loeb es importante desarrollar algunas ideas. Loeb piensa que el único tipo de evidencia que a primera vista no parece ser explicable en términos mecanicistas, a saber, la adaptación, es compatible con el enfoque mecanicista una vez que reconocemos que en realidad la adaptación es simplemente algo que viene ya "codificado", por así decir, en las condiciones iniciales y de frontera que sirven de premisas para la explicación por leyes (físico-químicas). La adaptación es simplemente un resultado de las ecuaciones que describen el mundo del mecanicista. Esto se puede reformular diciendo que para Loeb simplemente es un *hecho* que los mejores diseños han sobrevivido, y este hecho constituye precisamente esa "maravillosa adaptación" que observamos en los seres vivos.

Pero esas restricciones (*constraints*) en las condiciones iniciales o de frontera requieren una explicación adicional a la de Loeb exactamente por las mismas razones que dan Loeb implícitamente, y Nagel explícitamente, para rechazar la legitimidad de un patrón de explicación diferente al mecanicista. Si las leyes no describen una causalidad inmanente, esto es, si somos estrictamente mecanicistas, o bien que hayan sobrevivido los mejores diseños es un mero accidente, o bien es parte de un plan (que referiría a una causa final externa al sistema). En el primer caso estaríamos obligados a decir que un accidente tiene capacidad de explicación. En una explicación mecanicista un mero hecho (particular o general) no explica nada, *sólo las leyes tienen capacidad de explicación*;

<sup>13</sup> Una explicación propiamente mecanicista en la ciencia contemporánea se formula en términos matemáticos, por medio de una ecuación diferencial que predice el resultado de un proceso a partir de una descripción de estado. Este concepto de estado es tal que no tiene memoria del pasado más allá de aquella información codificada en las condiciones iniciales y de frontera que permiten resolver la ecuación. Sin embargo, no es importante saber cómo se llegó a ese estado para resolver la ecuación. En la descripción del estado presente tenemos toda la información requerida para decir lo que va a pasar, en la medida que lo podemos decir. Por supuesto, estos modelos matemáticos se prestan a la interpretación neocartesiana de un mecanicismo no inmanente, según el cual la ciencia no tiene necesidad de, ni lugar, para introducir aspectos históricos en las explicaciones propiamente científicas. Pero no debemos confundir las características de modelos matemáticos que nos sirven para formular ciertas explicaciones con el tipo de problema que nos ocupa, que precisamente parte de cuestionar el supuesto que las explicaciones legítimas en la ciencia sean reducibles a lo que puede modelarse de esa manera.

Una crítica al reduccionismo neocartesiano implícito en varias teorías de genética molecular se encuentra en el artículo de Philip Kitcher, "1953 and All That: A Tale of Two Sciences", *Philosophical Review* 93: 335-376. Véase también el capítulo 6 de *The Disorder of Things*, de John Dupre, Harvard, 1993.

la segunda opción nos obligaría a aceptar causas finales de algún tipo. Sin embargo, no tenemos porqué pensar que estamos obligados a recurrir a las causas finales canónicas, el diseño de un plan divino, por ejemplo, un miedo que juega en favor del mecanicismo estricto. Podríamos pensar incluso en un accidente como una causa final. Precisamente, en la medida que un accidente puede entenderse como un punto de divergencia de dos posibles historias de la vida, por ejemplo, ese accidente tiene poder explicativo, pero su poder explicativo no proviene de leyes, sino de su papel en la reconstrucción de un proceso histórico. Un accidente puede "dirigir" un proceso histórico de manera análoga a como un obstáculo geográfico puede "dirigir" el curso de un río. Para tomar en serio este tipo de alternativa todo lo que tenemos que hacer es olvidarnos del dogma mecanicista al interpretar lo que nos dice la teoría de la evolución. A menos de que se demuestre que una teoría no puede explicar nada si no se basa en leyes mecanicistas que no involucran "causas finales", el hecho de que existan teorías como la de la evolución, que a todas luces son explicativas pero que, *prima facie*, involucran causas finales, debe tomarse como una refutación del dogma mecanicista, por lo menos hasta el punto de reconocer que ellos son quienes tienen que probar algo.

No tenemos que esperar a que la manera en la que las explicaciones evolucionistas involucran causas finales sea totalmente claro y no controversial. En la medida que se reconoce el valor explicativo de las narrativas que sustentan la teoría de la evolución, se reconoce que hay una explicación alternativa que si bien compite con la supuesta explicación mecanicista completa y final que esperan aquellos que tienen fe, no compite no con las explicaciones mecanicistas que tenemos buenas razones para aceptar como empíricamente adecuadas.

Concretamente, es un argumento muy débil criticar a los organicistas porque acuden a conceptos como la "irreducibilidad del todo a las partes" para explicar, porque no hay una teoría empíricamente adecuada que respalde esa explicación (de manera no *ad-hoc*). A menos que se pruebe que, como asumen los mecanicistas, no hay tal teoría, la cuestión tiene que quedar abierta. Es posible pensar que una adaptación particular puede explicarse una vez que situamos ese hecho en una narrativa histórica, que incluye tanto leyes como sucesos azarosos, y que igual a como un obstáculo geográfico, por ejemplo, una gran piedra o una montaña, "dirigen" el curso de un río, un suceso azaroso puede dirigir un proceso adaptativo (esto es, un proceso que culmina en una adaptación).

En resumen, hay buenas razones para pensar que *la teoría de la evolución por selección natural es precisamente el tipo de teoría que se requiere*

para rechazar el argumento de Loeb-Nagel. La teoría de la evolución explica la adaptación como el resultado de un proceso histórico, pero este proceso no es meramente "la reconstrucción o la reproducción de un pasado dado" (como dice Huizinga en el epígrafe). La teoría de la evolución no explica a partir de una reconstrucción de hechos particulares, sino que lo hace recurriendo a una cierta reconstrucción de patrones históricos guiada por una "clasificación natural" que identifica ciertos hechos generales con poder explicativo. En este sentido es posible hacer inteligible cierto tipo de causas finales, como desempeñando un papel en *explicaciones causales* de procesos históricos, sin implicar que hay una inteligencia detrás que está moviendo todos los hilos del mundo.

#### IV

En la medida que una explicación histórica no es la reconstrucción o la reproducción de un pasado dado no tenemos porqué preocuparnos por algo que le preocupa a Mayr en su artículo "Causa y efecto en biología" que incluimos en esta obra. Mayr piensa que es muy problemático hablar de explicaciones evolucionistas como teleológicas porque sugiere que los procesos históricos actúan o tienen un propósito. Pero esto sólo es cierto si identificamos un proceso histórico con una reconstrucción de un pasado dado. En este caso tendríamos por un lado el "pasado dado", como un hecho claro y distinto (si bien ideal), y por otro, tendríamos el propósito reconstructivo del historiador. Pero esta distinción es muy problemática, como lo reconocen ampliamente historiadores y filósofos de la ciencia.

Todo hecho histórico se reconstruye en el seno de una tradición, en la cual aspectos contingentes del mundo y de la historia que reconstruimos van tomando forma simultáneamente, se van confeccionando mutuamente y delimitando en ese ambiente (social-cognitivo) que vamos construyendo en nuestra interacción con el mundo. En la medida que estamos hablando de explicaciones históricas hablamos de causas finales, pero no están dadas por un historiador de manera arbitraria, lo mismo que un paleontólogo no puede fijar de manera arbitraria la interpretación de un fósil, o un genetista molecular no puede fijar de manera arbitraria la función de un gen. Las causas finales con poder explicativo no son arbitrarias, son parte de una tradición de interpretación histórica que no puede aislarse en último término de nuestros intentos por construir una "civilización con sentido", como dice Huizinga en el mismo artículo.<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Joan Huizinga, "A Definition of the Concept of History", en *Philosophy and History*,

La ciencia tiene sentido como un proceso de adaptación hacia un fin, que toma en consideración las cosas importantes para la cultura científica, pero que no tienen una existencia arbitraria y aislada de toda la historia del pensamiento y por lo tanto de nuestras interacciones con el mundo. En este sentido, las causas finales nunca fueron desechadas de la ciencia ni tienen porque haberlo sido ni pueden serlo. Descartes nunca lo hizo, ni nadie ha mostrado cómo hacerlo hasta hoy.

En los dos artículos de Lewontin que se presentan en esta obra, él arguye que entre los mecanicistas contemporáneos, que por lo general son biólogos moleculares, y los evolucionistas (que defienden la pertinencia e irreducibilidad de explicaciones por causas finales) no hay más que un falso conflicto, cuya naturaleza es más bien sociológica que filosófica. Según Lewontin, en el fondo, el conflicto refleja intereses ideológicos de diferentes grupos de profesionales que piensan que lo que ellos hacen es más importante que lo que hacen otros grupos. Ciertamente hay algo de esto en la historia de la ciencia y de la biología en particular. Pero, como hemos visto, detrás de la discusión entre biólogos moleculares y evolucionistas en la segunda mitad del siglo xx hay problemas filosóficos de fondo, lo cual no es incompatible con la tesis de que hay cuestiones ideológicas en juego.

La discusión acerca del *alcance* de las explicaciones mecanicistas es filosófica, tiene que ver con la naturaleza de las explicaciones científicas y con el papel que los aspectos contingentes del mundo pueden desempeñar en las explicaciones de un proceso histórico. Ciertamente las diferencias que percibe Lewontin, y que ilustra de manera magistral, entre diferentes tipos de conflicto y entre tipos de explicaciones en biología, son reales e importantes. Pueden ejemplificarse, como él lo hace, con diferentes interpretaciones de la compleja estructura del *espacio de fase* de esos sistemas dinámicos utilizados en la biología moderna (en particular en la genética de poblaciones) para modelar procesos evolutivos.

En particular, el conflicto entre explicaciones mecanicistas y evolucionistas puede verse en la distinción entre explicaciones de equilibrio (en las cuales de manera deliberada se ignora la dimensión histórica de los procesos), y explicaciones dinámicas (en las cuales por lo menos en un grado importante, la historia se toma en cuenta).<sup>15</sup> Pero me parece que

*Essays presented to Ernest Cassirer*, compilado por Raymond Klibansky and H.J. Paton Harper Torchbooks/The Academy Library, Nueva York, Londres.

<sup>15</sup> Sobre este tema véase "Equilibrium Explanations" de E. Sober, en *Philosophical Studies* 43, 1983, pp 201-210, y "Emergence as non-Aggregativity and the Biases of Reductionisms", W. Wimsatt, en *Neutral Contradictions: Perspectives on Ecology and Change, Festschrift for Richard Levins*, compilado por P. J. Taylor and J. Haila. Por publicarse por The University of Chicago Press.

sería un error reducir el problema filosófico de fondo reseñado en la primera parte de este capítulo a un "mero conflicto sociológico". Esto equivaldría a negar que los mecanicistas no pretenden imponer una manera de explicar toda la biología, y no sólo como el resultado de la tendencia de un grupo a "pensar que lo que ellos hacen es más importante que lo que otros hacen" (como dice Lewontin), sino como parte de una linajuda tradición filosófica que piensa que es posible determinar de una vez y para siempre *el modo correcto* de explicar de la ciencia. Verlo como un mero conflicto sociológico de intereses no permite explicar esa larga tradición filosófica a la que hicimos referencia, y sobre todo no permitiría explicar las maneras tan diferentes en las que se ha corporalizado este ideal. Como hicimos ver *hay* una discusión filosófica de fondo que se relaciona con el papel de lo contingente en las explicaciones, y la manera como se entiende que las explicaciones tienen que estar apoyadas por teorías que respalden la generalidad de las explicaciones.<sup>16</sup>

Otra manera de hacer ver la importancia y lo indispensable de las explicaciones que recurren a una relación del *todo* con las *partes* para explicar (y en ese sentido se referirían a causas finales) se refiere al establecimiento de lo que es una función (de una estructura). Para determinar qué es una función se distingue entre los meros efectos de una estructura o mecanismo, y algunos de esos efectos que cuentan como "funciones" de la estructura. Esta distinción permite pensar en una estructura o mecanismo con una función, y en general en la armonía del todo con las partes en los organismos biológicos, como explicables a partir de procesos "dirigidos a un fin", pero sin que tengamos que comprometernos a entender esa dirección como resultado de una intención o propósito. En la sección sobre teleología se examina esta estrategia desde diferentes perspectivas. La distinción entre "función" y "mero efecto" es el centro controversial en muchas disputas cruciales, pero esto no es un argumento para afirmar que la distinción no es importante o que debemos refugiarnos en la fe mecanicista.

De cualquier manera, los autores involucrados en esta disputa, y en particular los representados en esta antología, coincidirían en que *el logro de Darwin es hacer inteligible en un contexto naturalista las causas finales que siempre han sido requeridas para hablar de "diseño" y "adaptación"*. Incluso Ernst Mayr, que aparentemente defiende una posición muy diferente a la defendida aquí, según la cual la teoría de Darwin nos permite abandonar el lenguaje teleológico, no estaría en desacuerdo con esta manera de formular la importancia de Darwin. Mayr piensa que

<sup>16</sup> Este punto se desarrolla más a fondo en mi artículo "La síntesis de los conceptos de evolución y mecanismo en las explicaciones por selección natural", en este libro.



hacer inteligibles las causas finales consiste en tener claridad respecto al dominio de aplicación de ese tipo de explicaciones. En la medida en que él piensa que las causas finales son parte de la narrativa histórica, que es esencialmente "subjetiva", nuestras explicaciones científicas "objetivas" deben abandonar el lenguaje de causas finales. En la medida que Mayr parece pensar que, tanto las explicaciones "objetivas" de la "biología funcional" (toda aquella parte de la biología caracterizable en términos de leyes fisicoquímicas) como las explicaciones "subjetivas" históricas son indispensables en biología, Mayr no comulgaría con Loeb, pero de todas maneras me parece que Mayr concede demasiado a los mecanicistas.<sup>17</sup>

En su artículo "¿Cómo escribir la historia de la biología?" (incluido en esta sección de la antología) Mayr dice que "la subjetividad entra en cada estadio de escribir historia, especialmente cuando uno busca explicaciones y se pregunta porqué, cómo es necesario cuando se trata de lo que Mayr llama "historia problemática". Uno no puede llegar a explicaciones sin utilizar su propio juicio inevitablemente subjetivo, por lo tanto debe ser excluido de las explicaciones en la ciencia. Pero ¿si las explicaciones históricas son tan subjetivas como Mayr afirma, cómo podemos hablar de la teoría de la evolución como una teoría histórica, sin caer en explicaciones subjetivas a la vuelta de la esquina? Mayr resuelve ese problema tratando de tapar el sol con un dedo, pretendiendo que es posible formular explicaciones evolucionistas que no involucran causas finales. Como ya dijimos, este intento no puede considerarse sino fallido. Establecer una dicotomía tajante entre la "subjetividad" de las explicaciones históricas y la "objetividad" de las explicaciones científicas sólo puede hacerse asumiendo que, por un lado, hay una crónica "ideal" de hechos de los que habla la ciencia mediante explicaciones por leyes, y por otro lado, el tipo de narrativa histórica que involucra finalidad y propósitos de manera irreducible. Esto, sin embargo, cierra el paso a la manera más natural de entender el sentido en el cual las explicaciones evolucionistas son explicaciones históricas no subjetivas: en tanto que permiten integrar en un contexto narrativo los diferentes tipos de explicaciones en biología.

Es más, como mostramos en la primera parte de este trabajo, es muy cuestionable la pretensión de que hay una distinción tajante entre "un

<sup>17</sup> Lo que Mayr llama la "biología funcional" es el dominio de las "causas próximas". Esta es una terminología que fue introducida por Claude Bernard hace más de un siglo. Éste es precisamente el sentido de causa que utiliza el mecanicismo neo-cartesiano ejemplificado en los escritos de Bernard y de Loeb. De Claude Bernard véase "Introducción al estudio de la medicina experimental", originalmente publicada en París en 1865, primera versión castellana de Antonio Espina Capo en 1880. Para una introducción al pensamiento de Claude Bernard puede consultarse Bernard, edición de José Luis Barona, *Textos Cardinales/Ediciones Península*, Barcelona, 1989.

pasado dado" y una "reconstrucción" de ese pasado. Esta supuesta distinción es parte de una manera de entender la objetividad del mundo y la subjetividad de la historia que no tienen más base que la metafísica que respalda al mecanicismo cartesiano. La distinción que Mayr hizo famosa entre "causas próximas" y "causas últimas" (véase su artículo en esta sección) ayudó mucho a aclarar las diferencias de fondo entre varios tipos de explicaciones en biología. Las causas últimas son aquellas que tienen una historia (que cuenta en las explicaciones). Las causas próximas son del tipo de las que trata la "biología funcional" (el tipo de causas descritas por leyes fisicoquímicas). Ciertamente esta distinción es útil, pero no hay que olvidar que no hay un todo caracterizable por leyes fisico-químicas en biología que pueda caracterizarse independientemente de determinaciones de función y del supuesto de una "clasificación natural", que van más allá de lo que pueden explicar las leyes fisicoquímicas, y que es precisamente en la integración de las "causas próximas" en estructuras explicativas más generales donde son indispensables los aspectos históricos que sistematiza la teoría de la evolución.

Tanto Mayr como Lewontin piensan que el conflicto con un mecanicismo como el de Loeb no es de fondo. La diferencia es que, mientras Lewontin piensa que el conflicto tiene su origen en la sociología de los científicos, para Mayr el problema es meramente terminológico. Según Mayr "muchas discusiones acerca de la causa de un cierto fenómeno biológico se podrían haber evitado si los dos oponentes se dieran cuenta que uno de ellos está preocupado por causas próximas y el otro por causas últimas". Pero esto no es totalmente cierto. Loeb, a quien Mayr cita como ejemplo, no considera el problema como meramente terminológico. Para Loeb, como ya vimos, hablar de causas últimas no es apropiado en la ciencia más que como una manera de hablar obligada por el estado defectuoso de la ciencia. Me parece que lo que decía Locke de las probabilidades en el mundo en el siglo XVII es muy similar a lo que el mecanicista piensa de las causas últimas: que son apropiadas a "este estado de prueba y mediocridad en el que Él nos ha querido poner".<sup>18</sup>

## V

Finalmente, a manera de conclusión, es importante recalcar que el logro de Darwin no se restringe a la biología, es más, no se puede restringir a

<sup>18</sup> Esta pretensión de Mayr de que la discusión entre mecanicistas y evolucionistas es puramente terminológica la critica también Ayala en su artículo "Teleología y adaptación en la evolución biológica". Para una discusión adicional de este tema véase el artículo introductorio de Barahona y Martínez, "Teleología y biología", ambos en esta obra.

la biología so pena de caer en las dificultades en que han caído buena parte de las discusiones filosóficas acerca de su alcance. El logro de Darwin es, en realidad, respecto a nuestra manera de entender la historia como un proceso causal, y a las explicaciones históricas como explicaciones causales. La estrategia de Darwin consiste en hacer inteligible, al reconstruir un proceso histórico como un proceso causal de cierto tipo, varios tipos de causas finales. Darwin permite incorporar en explicaciones naturalistas el concepto de función y adaptación (que no es lo mismo que decir que lo elucida de manera definitiva) por medio de explicaciones que requieren reconstruir las líneas causales históricas que corresponden a cierto tipo de individuos, los cuales no son identificables con líneas causales de sucesos que tienen un principio y un fin en el tiempo y en el espacio, como sucede con los seres humanos. De manera positiva, lo que asume el tipo de explicaciones que ofrece Darwin puede resumirse en los siguientes tres puntos: *i)* los individuos de los que habla la teoría de la evolución consisten de poblaciones de organismos sujetos a variaciones a nivel fenotípico; *ii)* hay un proceso de reproducción que establece una distinción entre organismos progenitores y descendientes y una correlación en la distribución de propiedades y de tendencias a variaciones; *iii)* diferentes "fenotipos" tienen diferentes tasas de reproducción exitosa (*i.e.* capacidad para dejar descendientes en generaciones remotas).<sup>19</sup>

Así, según Darwin, un proceso evolutivo es histórico en el sentido que los individuos a los que se refieren las explicaciones tienen una continuidad que proviene de su genealogía. Esta continuidad no es la continuidad lineal que estamos acostumbrados a asociar con personas, es más bien una continuidad con ramificaciones y abierta hacia el futuro. El hecho de que los individuos a los que se refiere una explicación histórica tengan esta estructura de árbol (o reticular) tiene importantes implicaciones para la manera como puede hacerse la historia de ese tipo de individuos. En particular, las diferentes narrativas que, por la naturaleza de nuestro lenguaje, tienden a una estructura lineal tienen que verse como integradas en estructuras narrativas más complejas no lineales. En este sentido, la compleja estructura de *El origen de las especies* debe entenderse como dice Darwin en el capítulo final de su libro: como un único y largo argumento.<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Esta manera de caracterizar el logro de Darwin está explícita en el artículo de Lewontin "Las bases del conflicto en la explicación biológica", incluido en esta antología. Para un examen de las diferentes maneras de caracterizar el logro de Darwin véase la introducción a *Epistemología y evolución*, compilado e introducido por Martínez y Olivé, Paidós-UNAM, 1997.

<sup>20</sup> El tema de las explicaciones narrativas se trata en la sección con ese nombre en esta antología. En *De las causas a los efectos* (Paidós-UNAM, 1997) examino la compleja historia

Las explicaciones evolucionistas asumen un cierto ordenamiento de las cosas del mundo y de los seres vivos en particular basado en relaciones de genealogía, y así, la historia se convierte en un factor causal preeminente por derecho propio en toda explicación evolucionista. La historia no tiene porqué entenderse como una mera colección de hechos hilvanados por narrativas, y contrastar esto con la situación en las ciencias naturales. Tanto en las ciencias naturales como en la historia natural (y en la historia humana en particular) hay una estructura de leyes que nos permite explicar los fenómenos. Pero estas leyes pueden ayudarnos a explicar en la medida en que se formulan en el contexto de modelos explicativos de alcance limitado, y este alcance depende de la genealogía de las leyes y de aspectos contingentes del mundo.

Loeb y Nagel, y con ligeras variantes los mecanicistas de hoy día, piensan que para explicar la vida basta con explicaciones mecanicistas, por lo menos en principio, y por tanto que recurrir a explicaciones que involucran conceptos como "armonía", "el todo como algo más que la suma de las partes", o "adaptación por selección natural", es dispensable en la ciencia. Pero esta manera de plantear el problema está viciada desde el principio. Hay muchas otras razones, que motivaron a Darwin y su generación a buscar una teoría de la evolución que permitiera naturalizar el concepto de adaptación y diseño, por las que es importante, científicamente importante, establecer la legitimidad de conceptos tales como el de adaptación. Pero si conceptos como adaptación y función son legítimos, no es difícil pensar que eso permite elaborar un concepto legítimo de organización que permita entender ideas como la de que "el *todo* es algo más que la suma de las *partes*". En la filosofía de la biología hay muchos proyectos que tratan de elaborar esta idea, con diferentes grados de éxito, pero indudablemente que la propuesta que sugiere Kauffman en el artículo que sigue así como la que presenta Wimsatt en su artículo "Formas de la agregatividad" incluido en esta antología son propuestas atractivas que no pueden dejar de considerarse seriamente.

de la relación entre explicaciones mecanicistas y explicaciones evolucionistas (y narrativas en particular).

## II. LA EXPLICACIÓN POR ARTICULACIÓN DE PARTES EN LA BIOLOGÍA Y SU BÚSQUEDA RACIONAL

STUART A. KAUFFMAN\*

DESDE QUE SE EMPEZÓ a aceptar que las bases sobre las cuales se formula una hipótesis pueden considerarse separadas de las bases sobre las cuales es aceptada, se ha vuelto común entre algunos filósofos y científicos pretender que aunque la comprensión de la génesis de las hipótesis puede tener un interés psicológico, no puede haber una lógica de la investigación o del descubrimiento. Mientras que no es claro lo que se quiere exactamente al pretender que no puede haber una lógica de la investigación, sí es claro que esta opinión, acompañada de anécdotas que hablan de cómo Poincaré encontró repentinamente la solución de un problema matemático mientras subía a un tranvía madrileño, o de la visión que tuvo Kekulé de una serpiente que se muerde la cola, ha dejado la impresión de que la generación de una hipótesis es algo tan misterioso como un cambio gestáltico en la percepción de una figura. Quizás porque los cambios gestálticos parecen ocurrir sin un proceso de razonamiento y, en algún sentido, espontáneamente, usar tales cambios perceptivos como modelos de la formación de hipótesis ha apoyado la pretensión de que no puede haber una lógica de la investigación. Para un científico, la imagen de un "cambio" sorprendente y la percepción clara puede parecer un halago excesivo del genio científico y la generación efectiva de hipótesis puede parecerle más razonable y menos misteriosa. Aquí se examinan algunas de las maneras en que la generación de una hipótesis es un asunto más bien de razonamiento además se examinarán algunas de las características de lo que llamo explicaciones por articulación de partes, tal y como ocurren en la biología.

Típicamente, las explicaciones en biología muestran la forma en que partes y procesos se articulan para que el sistema lleve a cabo algo particular. Los ejemplos incluyen descripciones del sistema cardiovascular, del sistema sintetizador de proteínas, del sistema endocrino, etc. No quiero decir que las explicaciones por articulación de partes ocurran solamente en la biología, o que son la única forma de explicación utilizada en ella, sólo quiero decir que tales explicaciones predominan en

\* Agradezco a los doctores Dudley Shapere y David Hull por su útil crítica.

las ciencias biológicas y muestran propiedades interesantes que deseo discutir.

Referirse a algunas clases de explicaciones como explicaciones por articulación de partes sugiere que otras explicaciones no lo son. Lo que quiero decir es que cuando una cosa es vista como si consistiera de una única parte o como un continuo, las explicaciones del aspecto apropiado de su comportamiento no mostrarán cómo trabajan las partes conjuntamente. Por ejemplo, la primera ley del movimiento de Newton no muestra cómo trabajan conjuntamente las partes de un sistema, pues no hay sino una única parte —una partícula en movimiento rectilíneo—. Las ecuaciones de campos de Maxwell tratan un campo electromagnético como un continuo, no como una infinidad de puntos de segundo orden. Además, algunos comportamientos de un sistema dado pueden requerir explicaciones que se refieran a la interrelación de sus partes, mientras que otros pueden no requerirlas. Por ejemplo, la manera en que un motor de gasolina cae es predecible partiendo de una caracterización del motor como una masa sin partes distinguibles.

Deseo seguir las siguientes hipótesis:

1. Un organismo puede ser visto como algo que hace una cantidad indefinida de cosas y puede ser descompuesto de muchísimas maneras en sus partes y procesos.
2. Dada una descripción adecuada de un organismo como algo que hace algo en particular, usaremos esa descripción para ayudarnos a descomponer el organismo en las partes y procesos particulares que se articulan entre sí para que éste se comporte como se ha descrito.
3. Para diferentes descripciones de lo que hace el organismo, podemos descomponerlo en sus partes de diferentes maneras.
4. El uso de una descripción adecuada de un organismo visto como algo que hace algo en particular, para guiar nuestra descomposición de dicho organismo en sus partes y procesos interrelacionados —y que de hecho parte de la lógica de la investigación—, está intimamente vinculado con las *condiciones suficientes* para una descripción adecuada. En particular, podemos usar las condiciones suficientes para generar un modelo cibernético que muestre cómo las partes simbólicas pueden articularse para producir una versión también simbólica del comportamiento descrito.
5. Podemos usar el modelo cibernético para ayudarnos a encontrar un modelo causal isomórfico que muestre cómo las supuestas partes y procesos del sistema real pueden articularse para producir el comportamiento descrito.
6. Puesto que puede haber más de un conjunto de condiciones suficientes para describir adecuadamente el comportamiento, también pue-

de construirse más de un modelo cibernético que lo describa. Dichos modelos cibernéticos no serán isomórficos, y cada uno nos lleva a descomponer el sistema de manera diferente. Por tanto, los organismos no solamente son descompuestos en sus partes para producir explicaciones por articulación de partes de diferentes maneras y para *diferentes* descripciones adecuadas del organismo visto como algo que hace cosas diferentes; sino que pueden hacerse diferentes descomposiciones tentativas del sistema considerado como algo que hace cualquiera de las cosas, mediante el uso de los diversos conjuntos de condiciones suficientes para esa descripción adecuada.

7. Una descomposición exitosa lleva a una explicación de articulación de partes sobre cómo el sistema hace lo que se ve que hace.

8. Nosotros no usamos solamente perspectivas de lo que el sistema hace para ayudarnos a descomponerlo en partes, utilizamos información acerca de las partes para sintetizar nuevas perspectivas de lo que el sistema realiza.

9. Las descripciones de las partes y de los procesos de una descomposición necesitan solamente ser compatibles con —pero no deducibles de— las descripciones de las partes y procesos de una composición diferente.

10. No *tiene* que haber una descomposición “última” tal que todas las otras descomposiciones sean deducibles de ella, aunque puede llegar a haber tal descomposición “última”.

1. Quizás el primer punto que deba señalarse es que no hay una única perspectiva correcta acerca de lo que un organismo está haciendo. Pero, para lograr una explicación por articulación de partes (de aquí en adelante *A* por *P*) acerca de un organismo, debemos explicar forzosamente cómo las partes y los procesos se articulan entre sí de manera que el sistema haga algo. Para comenzar el estudio de tal objeto, debemos partir de alguna perspectiva inicial acerca de lo que está haciendo el sistema; literalmente, de una perspectiva de lo que está sucediendo. Considérese que un organismo puede ser visto como: un sistema autorreplicante, un individuo en desarrollo, un padre con una prole que se le asemeja, un miembro de un ecosistema, un sistema que muestra ritmos circadianos, un miembro de una población que evoluciona, un sistema termodinámico abierto que mantiene un lugar de baja entropía, etcétera.

Entonces, no solamente hay muchas perspectivas acerca de lo que hace posible un sistema, sino que también cualquier sistema puede ser descompuesto en sus partes en una infinidad de maneras, y en lo que toca a cada una de tales partes, también pueden ser enfocadas como haciendo una infinidad de cosas. Nuestras preguntas conciernen al carácter de las

diversas posibles descomposiciones en partes y a las relaciones entre las partes dentro de una descomposición, y entre descomposiciones diversas.

2. Sugiero que usemos una descripción adecuada de una perspectiva de lo que un sistema está haciendo para ayudar a guiar nuestra descomposición del sistema en un conjunto particular de partes y procesos que se articulan causalmente entre sí para hacer que el sistema se comporte como se ha descrito. Una visión de lo que un sistema está haciendo establece el *explanandum* y también provee criterios con los cuales decidir si una porción propuesta del sistema con algunas de sus consecuencias causales debe contarse o no como parte y proceso del sistema. Específicamente, una parte propuesta contará como parte del sistema si ella, junto con algunas de sus consecuencias causales, concuerda con las otras partes y procesos propuestos para hacer que el sistema se comporte según la descripción. En general, no es posible decidir si un solo proceso propuesto cuenta como parte del sistema, al margen de las decisiones sobre la adecuación de las suposiciones acerca de las partes y procesos restantes. Las partes y los procesos son aceptados más o menos conjuntamente, y con ellos, la adecuación de una explicación particular de articulación de partes en la que únicamente esas partes y procesos son vistos como concordantes entre sí para lograr el comportamiento en cuestión. Entonces otras consecuencias causales de estas partes son consideradas no pertinentes. Llamaré a tal descomposición de un sistema, una descomposición conjugada, coherente, porque está conjugada con una visión particular de lo que está haciendo el sistema, y coherente, porque provee una explicación de articulación de partes de cómo el sistema hace lo que se especifica en esa visión particular de él.

3. Claramente, distintas perspectivas de lo que un organismo está haciendo pueden llevarnos a descomponerlo de distintas maneras. Nuestra caracterización de un organismo como un dispositivo que exhibe ritmos circadianos elige partes y procesos diferentes que los que elige una caracterización de los efectos del cruzamiento cromosómico en genética de poblaciones.

4. Quiero argumentar que parte de lo que podría llamarse una lógica de la investigación involucra el uso que hacemos de las condiciones suficientes de una descripción adecuada de una visión de lo que realiza un organismo para ayudar a encontrar un modelo cibernético del fenómeno, y de ahí, un modelo causal. Consideraré primero un caso hipotético de reagregación de un tejido, y luego una descripción real de la gastrulación en el embrión del pollo y las hipótesis generadas para dar cuenta de estos fenómenos.



## EJEMPLO HIPOTÉTICO

Supóngase que notamos que las células de una esponja pueden ser desagregadas y luego permitir que se reagreguen, y que al reagregarse, forman siempre una particular estructura tridimensional en la cual diferentes tipos específicos de células están en lugares relativos unas con otras. Las esponjas se deforman por las corrientes en el agua, y vamos a considerar que una descripción adecuada de esta esponja hipotética necesita solamente describir el movimiento de las células y especificar qué tipos de ellas tienen qué tipos de células como vecinos, y en qué direcciones, y qué células bordean los conductos internos y externos en la estructura final. Nótese que la especificación de los tipos de células se hace sobre la base de alguna teoría, en este caso la teoría celular. La observación de que las células se reagrupan constituye un punto de vista acerca de lo que está haciendo el sistema y nos plantea un problema.

Puede haber más de un conjunto de condiciones suficientes para la verdad de cualquier descripción. Aunque por condición suficiente yo entiendo aquí una descripción de un estado de cosas tal que a partir de esta descripción y sin información empírica ulterior, puede ser deducida la descripción inicial. Me referiré a tal descripción como a una condición descriptiva suficiente.

Supongamos que en nuestro agregado hipotético cada tipo celular, o bien, no tiene otra célula como vecino en algunas direcciones, o bien, solamente tiene otros tipos celulares específicos como vecinos. Así, podemos suponer que una descripción de estas relaciones de adyacencia restringida, más un recuento de los diferentes tipos celulares, constituyen condiciones descriptivas suficientes a partir de las cuales, sin información empírica ulterior, podríamos deducir la descripción adecuada inicial.

Podemos, sin embargo, encontrar un conjunto diferente de condiciones descriptivas suficientes para la descripción inicial. Si el reagregado se coloca en un sistema tridimensional de coordenadas con alguna célula particular tomada como origen, entonces la especificación de las coordenadas de cada célula y el tipo celular al que pertenece, seguramente, es una condición descriptiva suficiente de la descripción original, a partir de la cual esa descripción original puede ser deducida. Quiero argumentar que cada uno de tales conjuntos de condiciones descriptivas suficientes puede ser utilizado para ayudarnos a encontrar un modelo de cómo las células logran reagregarse y que los modelos derivados de diferentes conjuntos de condiciones descriptivas suficientes eligen diferentes partes y procesos putativos interactivos en diferentes explicaciones putativas de articulación por partes.

La fuerza de la estrategia de investigación que examinaré descansa sobre tres características; dos lógicas y una contingente. 1) Si puede hallarse un proceso que es causalmente suficiente para producir el estado de cosas descrito en las condiciones descriptivas suficientes, entonces, ese proceso necesariamente es causalmente suficiente para producir el estado de cosas descrito en la descripción inicial. 2) Cualquier descripción inicial tiene múltiples conjuntos de condiciones descriptivas suficientes. 3) Es un hecho contingente que la facilidad de encontrar un proceso causalmente suficiente para un conjunto de condiciones descriptivas suficientes muy frecuentemente es mayor que para otros conjuntos de condiciones descriptivas suficientes. De hecho, algunas veces un proceso para producir una condición descriptiva suficiente es sugerido de una manera transparentemente obvia por las mismas condiciones descriptivas suficientes. El sentido de transparentemente obvio será expuesto más adelante.

El primer paso entonces, al utilizar un conjunto descriptivo de condiciones suficientes, es suponer que hay un proceso que es causalmente suficiente para producir el estado de cosas referido en las condiciones descriptivas suficientes. En el agregado hipotético que estamos considerando, supongamos que estamos usando generalmente las condiciones descriptivas suficientes en términos de relaciones de adyacencia restringida entre los diferentes tipos celulares. Suponemos entonces un proceso que produce precisamente estas fronteras intercelulares. Una elección particularmente obvia de un proceso es suponer que solamente estas fronteras intercelulares específicas son capaces de hacer que se formen uniones entre las células. Puesto que las células se mueven durante la reagregación y luego permanecen yuxtapuestas en la manera apropiada, cuando el movimiento relativo de dos células cesa, también suponemos un proceso que causa un movimiento relativo entre ellas hasta que se forma una juntura permitida. Estos procesos hipotéticos pueden ahora ser vinculados o articulados entre sí para mostrar cómo podría haberse producido el estado de cosas inicialmente descrito; específicamente, las células se mueven hasta que entran en contacto con el tipo apropiado de célula vecina, cuando se forman uniones estables el movimiento relativo cesa y se genera la arquitectura final del agregado.

En esta etapa el modelo es lo que llamaré un modelo puramente simbólico o cibernético. Hasta ahora, no se ha sugerido ningún mecanismo causal real. El modelo cibernético ofrece un conjunto de reglas tales, que un conjunto de símbolos que se comporta tal como lo prescriben las reglas, generará una forma isomórfica del agregado celular. El modelo cibernético afirma que si pueden encontrarse mecanismos causales tales, que sólo ciertas uniones se forman de manera estable y el movimien-

to relativo de las células cesa luego, entonces, el comportamiento observado ocurrirá en el agregado. El criterio central de adecuación de tal modelo cibernético es la suficiencia. Es decir, debe ser verdad que un conjunto de componentes simbólicos que se comportan como lo describen las reglas del modelo debería, de hecho, dar por resultado un agregado isomórfico al agregado celular. Nótese también que el modelo cibernético, aunque no sugiere aún mecanismos causales efectivos, muestra como deben articularse los procesos de las partes del sistema, a saber, mediante la formación de tipos restringidos de uniones intercelulares. Así, el modelo cibernético, y de hecho, las mismas condiciones descriptivas suficientes de adyacencia, comienzan ya a indicar las relaciones que han de existir entre las partes y los procesos del sistema; más aún, el modelo cibernético junto con nuestro conocimiento general acerca de las células comienza a sugerir qué clases de mecanismos causales se requieren. En particular, se requieren mecanismos que van a crear uniones intercelulares específicas, y que no van a permitir que se formen otro tipo de tales uniones. No sabemos todavía qué mecanismo causal particular lleva a cabo esto, pero, sabemos que las consecuencias causales de las partes putativas de este sistema que no producen uniones intercelulares específicas, pueden ser tratadas como consecuencias causales no pertinentes de las partes del sistema. Esas consecuencias causales, es decir, esos procesos, no serán considerados como procesos del sistema, sino como comportamientos no pertinentes.

Las condiciones descriptivas suficientes de la descripción inicial adecuada hablan, si se quiere, en el modo imperativo. Son una orden dada al científico para que dirija su atención a esas condiciones, ya que alrededor de ellas debería ser posible construir un modelo cibernético, y luego causal, para explicar el fenómeno. La generación de hipótesis es más bien un proceso razonable porque, por lo menos parcialmente, las condiciones suficientes pueden usarse para generar un modelo cibernético.

5. Con el modelo cibernético a la mano y el conocimiento antecedente sobre las células, podemos ahora buscar el tipo de procesos causales que posiblemente son los que ocasionan las relaciones de unión restringidas—digamos moléculas específicas en las membranas de las diferentes células—, cada una de las cuales solamente encaja con aquellas apropiadas. Al sugerir un conjunto particular de mecanismos causales, el modelo se ha vuelto una hipótesis que requiere verificación. Si es verificada, habrá que especificar cuáles procesos—es decir, cuáles de las muchas consecuencias causales de cada una de las porciones del sistema— deben contarse como procesos del sistema y cuáles son no pertinentes para esta caracterización particular. Con la verificación de la hipótesis habre-

mos conseguido una explicación de articulación de partes de cómo las células consiguen reagregarse. Hasta que tengamos confianza en la entera explicación de *A* por *P*, habrá dudas con respecto a la pretensión de que algún proceso particular debe ser visto como un proceso *del* sistema.

Un modelo cibernético se utiliza para ayudarnos a encontrar un modelo causal isomórfico a él. Puede sugerirse más de un modelo causal, cada cual isomórfico con el modelo cibernético y con cada uno de los otros. El sentido del isomorfismo que se pretende puede ejemplificarse suponiendo que se ha diseñado sobre papel una máquina de sumar. El diseño es una tabla de flujos de operaciones llevadas a cabo por dispositivos todavía simbólicos. Ahora, una máquina real que ejecuta efectivamente ese diseño podría, por ejemplo, guardar los números llenando y vaciando copas de agua o llenando y vaciando recipientes. Las diferentes ejecuciones físicas deberían ser isomórficas entre sí y con respecto al modelo cibernético, en virtud del hecho de que las partes y los procesos de una máquina pueden ponerse en correspondencia con las partes y procesos apropiados de las otras máquinas reales o de los modelos de diseño cibernético. Si bien en este sentido son isomórficos, los mecanismos causales, a través de los cuales las diferentes máquinas físicas realizaron el modelo de diseño cibernético, podrían diferir y ser descritas mediante leyes causales diferentes. En el ejemplo del agregado de células podrían considerarse muchos medios causales diferentes de formar solamente relaciones de adyacencia restringida.

6. Pueden utilizarse conjuntos diferentes de condiciones descriptivas suficientes de la misma descripción inicial adecuada para generar modelos cibernéticos diferentes, no isomórficos, y a la vez, modelos causales que descompongan el organismo en diferentes partes y procesos putativos. Por ejemplo, la especificación de las coordenadas de cada célula y del tipo celular al que pertenece, en un sistema de coordenadas tridimensionales con una célula tomada como origen, era un conjunto de condiciones descriptivas suficientes para la descripción inicial adecuada. Utilizando esto, construimos un modelo cibernético mediante la suposición de un proceso que es causalmente eficaz en la generación del estado de cosas referido en la condición descriptiva suficiente. En esa condición descriptiva suficiente, cada célula es especificada en un sistema de coordenadas. Una elección particularmente obvia de un proceso, sugerida por este conjunto de condiciones suficientes, es que *hay* un sistema de coordenadas en el reagregado con alguna célula como origen, y que cada célula "sabe" dónde está en el sistema de coordenadas y se dirige hacia el lugar correcto. Suponemos entonces que una célula originaria elabora de alguna manera un sistema de coordenadas y que las células tienen algunos medios de "conocer" su lugar. A partir de este

modelo cibernético usamos el conocimiento acerca de las células para sugerir mecanismos causales y obtener una hipótesis.

Nótese que las partes y los procesos especificados en esta descripción y en este modelo cibernético no pueden ser puestos en correspondencia uno a uno con las partes y los procesos del modelo cibernético de adyacencia; aquí, la medición de la distancia a partir de una célula originaria es un proceso del sistema y la formación de tipos restringidos de uniones entre células adyacentes es un comportamiento no pertinente de las células. Los dos modelos cibernéticos no son isomórficos, ni tampoco lo son aquellos modelos causales isomórficos respecto a cada uno de los otros, o isomórficos entre sí a través de modelos cibernéticos.

7. Una explicación exitosa de articulación por partes distingue entre las consecuencias causales no pertinentes y las consecuencias causales importantes de una parte, así la explicación no solamente da cuenta del comportamiento del todo, sino que ofrece una perspectiva de qué deberá verse que hacen las partes mismas, entre las muchísimas cosas posibles que podría considerarse que cada parte hace.

Consideramos ahora un ejemplo más realista de formación de hipótesis concerniente a la gastrulación en la embriogénesis del pollo. En sus etapas tempranas, el embrión del pollo consiste en un parche de dos capas de células, más o menos ovalado, y ubicado sobre la yema del huevo. La capa superficial es llamada epiblasto y la capa próxima a la yema es el hipoblasto. Durante la gastrulación, las células de la porción media y posterior de ambos lados del epiblasto se mueven hacia la línea central del mismo, invaginándose en ese punto y condensándose para formar la línea primitiva. Una vez ahí, las células se hunden por debajo del epiblasto hacia la región intermedia entre éste y el hipoblasto y se esparcen hacia los lados y hacia adelante entre las dos capas iniciales formando una tercera capa mesodérmica. El flujo celular hacia la línea central del epiblasto, la invaginación y el flujo lateral del mesodermo ocurren con simetría bilateral a lo largo de los dos lados de la línea primitiva. En la cabeza o extremo rostral de la línea primitiva, se forma una pequeña masa de células conocidas como nódulo de Hensen. Con el tiempo la línea primitiva se acorta y el nódulo de Hensen se dirige hacia la parte trasera del cuerpo, hacia la cola o extremo caudal de la línea primitiva. En la región anterior al nódulo de Hensen no hay células moviéndose hacia la línea central, ni ingresando por debajo del epiblasto y migrando lateralmente. Es decir, el nódulo de Hensen es el punto más anterior en el que las células se invaginan para formar la capa mesodérmica, y a medida que el nódulo de Hensen retrocede, la línea primitiva, que es la región donde ocurre la invaginación, se acorta. Algún tiempo después de que el nódulo retrocede, a lo largo de ambos lados de la línea que el nó-

dulo ha seguido durante su retroceso (es decir, a ambos lados de la línea donde se encontraba originalmente la línea primitiva), ocurre una condensación bilateral en agregados de células mesodérmicas que forman las somitas. Nuestro problema es explicar la presencia de las somitas bilateralmente simétricas precisamente en el lugar en que aparecen.

Consideremos como adecuada la descripción precedente. Un conjunto diferente de condiciones descriptivas suficientes sería: 1) una descripción de los movimientos de las células como la proporcionada más arriba. 2) Añadir que las somitas se condensan solamente después de que la invaginación (hundimiento por debajo del epiblasto) y de que los otros movimientos (hacia la línea central y hacia los lados del mesodermo) de la gastrulación han cesado; y además, que las somitas se condensan solamente en aquellas células que fueron las últimas en invaginarse en el mesodermo. Esta descripción es una condición suficiente de la descripción inicial, puesto que ella incluye la pretensión de que el movimiento lateral de las células del mesodermo se detiene cuando la invaginación se detiene, y podemos entonces deducir de esta nueva descripción y sin información empírica adicional, que las somitas se forman en líneas bilateralmente simétricas, adyacentes a la línea de la ahora retrocedida línea primitiva, tal como se describió en la descripción inicial.

Los procesos capaces de producir el estado de cosas descrito en estas nuevas condiciones suficientes, serán capaces de causar el estado de cosas descrito inicialmente. Además de la descripción del movimiento de las células, este nuevo conjunto de condiciones descriptivas suficientes se refiere a: 1) la formación de somitas solamente después de que el movimiento termina, 2) el agrupamiento en agregados locales de las células mesodérmicas inicialmente dispersas; 3) la aparición de estos agregados solamente en las últimas células en invaginarse. Necesitamos encontrar procesos que produzcan estos efectos. Es decir, suponemos procesos por medio de los cuales *a)* un cese del movimiento permite o causa la agrupación de las células mesodérmicas; *b)* las células mesodérmicas se agrupan; y *c)* solamente se agrupan las últimas en invaginarse. Las mismas condiciones descriptivas suficientes sugieren procesos más bien obvios. Si suponemos que hay algún proceso mediante el cual las células mesodérmicas tienden a agruparse, entonces, los movimientos de gastrulación podrían sobreponerse a la tendencia a la agrupación y así, el cese del movimiento permitiría que ocurriera la agrupación. Ahora necesitamos un proceso mediante el cual haya una tendencia de las células mesodérmicas a la agrupación. Una nueva condición descriptiva suficiente para la descripción inicial de la agrupación es que, originalmente, las células mesodérmicas están muy dispersas, pero se mueven, y cuando se juntan permanecen en ese estado. Suponemos que ocurre un pro-

ceso causante de este nuevo estado de cosas descrito por esta nueva condición descriptiva suficiente, digamos que las células mesodérmicas son pegajosas y se adhieren una a la otra. Ahora necesitamos un proceso que haga que solamente las últimas células en invaginarse se agrupen. Puesto que debemos dar cuenta del agrupamiento por medio de células mesodérmicas que se pegan entre sí, este proceso debe ser o más fuerte o más efectivo entre las últimas células en invaginarse. Si suponemos que las células mesodérmicas elaboran una "materia pegajosa" difusible, entonces, las células del epiblasto absorberán la materia pegajosa cuando emigran hacia la línea central pasando sobre las células mesodérmicas que están emigrando lateralmente. Las células del epiblasto que han atravesado un número mayor de células mesodérmicas serán más pegajosas que aquellas que han atravesado un número menor. Las células del epiblasto que llegan al último a la línea primitiva serán más pegajosas que aquellas que llegan antes, de manera que las últimas en llegar serán las más pegajosas y la agrupación ocurrirá en el lugar correcto.

Tenemos ahora un modelo cibernético que utiliza los tres procesos; que el movimiento impide la formación de agregados, que las células mesodérmicas tienden a pegarse entre sí y que el movimiento a contracorriente de las capas celulares concentrará "materia pegajosa" difusible cerca de la línea primitiva en vez de lateralmente. Este modelo puede ser ahora utilizado para generar un modelo causal en el cual, por ejemplo, la "materia pegajosa" recibe una interpretación molecular de algún tipo. Como en el ejemplo previo, las condiciones descriptivas suficientes de la descripción inicial adecuada del proceso completo y de partes de él han servido como órdenes que, para efectos de la construcción de una hipótesis, dirigen nuestra atención en direcciones específicas. Y la formación de la hipótesis parece efectivamente una cuestión bastante razonable, abierta al juicio de si estuvo bien hecha, o fue hecha de una manera estúpida.

Como en el ejemplo anterior, las diferentes descripciones que son condiciones suficientes para la verdad de una descripción inicial pueden producir modelos radicalmente diferentes. Por ejemplo, las somitas pueden ser descritas también como si se formaran en aquellas células mesodérmicas sobre las que ha pasado el nódulo de Hensen. Esto, acompañado de una descripción del movimiento de las células, es suficiente para deducir la descripción inicial. Ello lleva a la suposición de que el nódulo de Hensen de alguna manera causa o induce al mesodermo subyacente a diferenciarse en somitas. Como en el ejemplo precedente de la reagregación de las células, los modelos derivados de las dos diferentes condiciones descriptivas suficientes no son isomórficos; cada uno elige las partes y los procesos de una manera diferente. En el último modelo, el nódulo de Hensen es la parte crucial que induce la formación de las

somitas en el mesodermo subyacente; en el modelo anterior a este último, el nódulo de Hensen es una parte contingente del mecanismo, que no tiene efecto en la formación de las somitas. Formas ligeramente más avanzadas de las dos hipótesis están actualmente en investigación experimental.

Necesitamos ahora preguntar qué criterios utilizamos para juzgar si una descripción inicial es adecuada, y qué información usamos para guiar nuestra elección entre las muchas condiciones descriptivas suficientes y los modelos causales y cibernéticos posibles.

En la descripción inicial de la reagrupación de células y la gastrulación en el embrión del pollo, muchas cosas que ocurrieron no fueron descritas. Por ejemplo, los movimientos de enzimas dentro de las células, el color del contenedor en el que se mantenía el sistema, y el movimiento browniano de los iones en el medio no fueron descritos. Seguramente, una descripción inicial adecuada es ya una descripción altamente selectiva basada en nuestro conocimiento previo acerca de la clase de sistema y de procesos que nos interesan. La descripción inicial se realiza en términos de hechos y factores de los que tenemos razón para creer que serán los hechos y los factores pertinentes con base en las teorías y el conocimiento actual. Desde luego, la descripción inicial puede revelarse inadecuada porque nuestras suposiciones acerca de lo que es pertinente pueden ser incorrectas.

Existen varias formas interrelacionadas en las que utilizamos el mismo conocimiento antecedente para ayudarnos a escoger entre diversas condiciones descriptivas suficientes y aquellos modelos cibernéticos que se recomiendan a sí mismos para un esfuerzo serio ulterior. Sobre las bases de la información previa, conocemos un número razonable de procesos diferentes que son, por así decirlo, artículos en venta; por ejemplo, la adhesión recíproca de las células. Estos procesos son simples en tres sentidos: 1) son bien conocidos y comprendidos y por ello intuitivamente simples; 2) se conocen o pueden suponerse varios mecanismos causales plausibles para efectuar los procesos, de hecho, es precisamente porque existen tantos mecanismos causales por medio de los cuales las células pueden adherirse unas a otras que el proceso "las células se adhieren" es tan familiar y es un artículo en venta; 3) estos procesos son simples en el sentido de que con la articulación conjunta de más de uno de estos procesos bien comprendidos tratamos de explicar procesos más complejos. Por ejemplo, en el reagrupamiento hipotético de células, era permisible suponer un proceso "por el cual precisamente estas uniones celulares forman vínculos", ya que el establecer vínculos específicos entre entidades es un proceso simple en el sentido explicado. Sin embargo, en el caso de la gastrulación en el embrión del pollo, sería in-



aceptable suponer un proceso por medio del cual las células que se agrupan son las que quedan a lo largo de la línea primitiva y no las que se esparcen lateralmente, porque ésta es precisamente la clase de caso donde queremos ver cómo este proceso complejo podría ocurrir a partir de otros procesos simples.

Nosotros escogemos entonces entre las diversas condiciones descriptivas suficientes, aquellas para las cuales pensamos poder armar un modelo cibernético que articule tal proceso simple. Incluso si logramos un modelo cibernético articulador, ese modelo debería aún ser considerado implausible por dos tipos de razones muy diferentes. Primero, los mecanismos causales por medio de los cuales podría suponerse que se realiza el modelo cibernético podrían ser considerados implausibles en el sistema estudiado. Segundo, incluso si pudieran imaginarse mecanismos causales plausibles, podría suceder que el modelo cibernético exigiera en algún sentido, mucha maquinaria, y puede ser implausible pensar que el sistema se comporta como se ha descrito inicialmente con medios tan complejos. Por ejemplo, es posible una condición descriptiva suficiente para la descripción inicial de la gastrulación en el embrión del pollo, en términos de un sistema de coordenadas y a partir de él se puede crear un modelo cibernético en el que el embrión del pollo elabora un sistema de coordenadas y las células "saben" dónde están y se dirigen a los lugares correctos. A pesar de que podrían imaginarse mecanismos causales plausibles, probablemente la construcción entera se considerará como una manera implausiblemente engorrosa para que se lleve a cabo la gastrulación en el embrión del pollo.

Finalmente, debe añadirse que puede ser imposible encontrar un modelo cibernético para alguna de las condiciones descriptivas suficientes de una descripción inicial que hasta entonces ha sido investigada, porque no hay garantía de que, con los conjuntos usualmente aceptables de procesos simples, *pueda* formularse un modelo cibernético. Cuando no somos capaces de encontrar tal modelo, una de las estrategias más obvias a seguir es la de reexaminar el fenómeno que deseamos explicar y la de cambiar nuestra descripción inicial mediante la inclusión de nuevos datos, que ahora esperamos que sean pertinentes.

8. Tras haber examinado como utilizamos una visión de lo que hace el sistema para obtener una descomposición por articulación de las partes, en partes y procesos interrelacionados de formas particulares, nos volvemos hacia los modos donde utilizamos la información acerca de las partes para sintetizar nuevas perspectivas de articulación de partes de lo que hace el conjunto. Por ejemplo, el descubrimiento de Harvey de que la sangre circula condujo a una nueva perspectiva de lo que el corazón —especificado sobre bases anatómicas antiguas— hace. Los descubri-

mientos generales de que las células y los organismos exhiben ritmos circadianos, y que éstos están generalmente organizados temporalmente, es el centro del debate acerca del "significado" de tales ritmos. Los esfuerzos de este debate están encaminados a sintetizar una nueva perspectiva de lo que un organismo hace esencialmente para ser un cronómetro de algún tipo. Los puntos que hay que considerar acerca de dichas nuevas síntesis son que, generalmente, las nuevas síntesis pueden descomponer el sistema de una nueva forma cortando transversalmente las partes especificadas en una descomposición antigua. Por ejemplo, el sistema endocrino cortó a través de las viejas descomposiciones anatómicas; la noción de un organismo como un sistema termodinámico abierto que mantiene una entropía baja, corta a través de la descomposición del mismo como un sistema circadiano.

Una característica importante de conseguir una nueva síntesis de lo que hace un sistema, es que la nueva perspectiva puede no requerir de una nueva verificación. Puede ser que descripciones verdaderas de los comportamientos de partes escogidas en una vieja descomposición se hayan acumulado en donde estos comportamientos son "no pertinentes" para los comportamientos de las partes que los vinculaban en un sistema en esa descomposición. Podría entonces comprenderse que estos comportamientos "no pertinentes" puedan ser relacionados entre sí para lograr una nueva perspectiva de lo que hace el sistema. Puesto que se supone que la verdad de las descripciones de estos comportamientos no pertinentes ya ha sido convenientemente establecida, la adecuación de la nueva composición puede no requerir verificación. Por supuesto, la nueva composición tendrá consecuencias *ulteriores* que requieren verificación. El comportamiento "no pertinente" podría haber sido establecido de dos maneras: puede ser que, dada una descripción de lo que hace el sistema y una descomposición conjunta en partes y procesos, las verdaderas descripciones de lo que las partes hacen, junto con la teoría general, puedan implicar la verdad de las descripciones de otras consecuencias causales "no pertinentes" de las partes. Estas otras consecuencias causales pueden ser vinculadas entre sí para producir una nueva síntesis de lo que el sistema está haciendo, que escogería nuevas características del sistema y ofrecería una explicación de *A* por *P*. La verdad de la explicación sería establecida adecuadamente por la validez de las deducciones a partir de la descripción inicial verdadera del sistema, y la adecuación de la teoría general acerca de los materiales de los que estaban hechas las partes. Por otro lado, podemos haber descubierto solamente consecuencias causales "no pertinentes" de partes de una vieja descomposición, y establecido las descripciones de las consecuencias causales no relevantes por medio de la observación, no por deducción a

partir de las viejas descripciones y la teoría en boga. Estas pretensiones, establecidas independientemente, acerca de los comportamientos irrelevantes podrían ser vinculadas conjuntamente para lograr una nueva composición o perspectiva de lo que hace el sistema. En cualquiera de los dos casos, la adecuación de la nueva perspectiva no requiere verificación en el sentido en que se entiende normalmente que las hipótesis requieren verificación. Por supuesto, normalmente las nuevas composiciones afirman pretensiones acerca de los comportamientos de las partes que no han sido establecidas aún, y éstas requieren verificación. Entonces, el logro de una nueva composición *puede* darse sin tener que reexaminar el mundo empírico; la nueva composición dirige la atención hacia nuevas características del sistema y, presumiblemente, ofrece una nueva explicación de *A* por *P* del nuevo comportamiento observado. Un nuevo comportamiento es visto como si pidiera una explicación.

9. Hemos notado que diferentes perspectivas de lo que hace el sistema, arrojan diferentes descomposiciones de ese sistema en partes y procesos. La discusión presentada ha indicado también las vías por las que las distintas pretensiones de verdad formuladas en las diversas descomposiciones pueden ser relacionadas a través de las descomposiciones. Las pretensiones deben, eventualmente, por lo menos ser consistentes entre sí. Sin embargo, no se exige que las pretensiones formuladas en una descomposición tengan en absoluto que ser deducibles de aquellas formuladas en otra. Es decir, las pretensiones deben eventualmente ser *compatibles* entre sí, pero no deducibles una de otra. El conjunto de leyes causales suficiente para ofrecer una explicación de *A* por *P* del sistema visto como haciendo alguna cosa, puede no incluir leyes causales necesarias para la explicación de alguna otra cosa observable de las que realiza el sistema. Así, las diversas caracterizaciones pueden proceder independientemente unas de otras, con la restricción de que todas ellas deben ser, eventualmente, no contradictorias.

10. Un último punto. Puede preguntarse si acaso no hay perspectivas preferidas de lo que hace un organismo, por ejemplo, vivir. Estoy dispuesto a garantizar que algunas perspectivas de lo que hace un organismo se ven generalmente como más centrales para los intereses definidos de la biología, pero no deseo aceptar que todas las perspectivas posibles de lo que puede aparecer haciendo un organismo deben, en cierto sentido, ser vistas como extensiones o versiones de, o ser reductibles a, aquellas perspectivas preferidas. Deseo insistir en que cualquier cosa que sea lo que pueda verse hacer a un organismo, esa característica suya es un aspecto de un punto de vista particular sobre él —digamos estar vivo— y puede ser incorrecto en alguna de varias maneras. Podría ser el punto de vista de que sólo se admite el punto de vista preferido acerca

de lo que hace el organismo. Podría ser el punto de vista de que cualquier cosa que pase en un organismo es causalmente necesario para que el organismo, por ejemplo, viva. Ahora bien, esta pretensión es casi seguramente, o bien, falsa, o bien, una pretensión analítica disfrazada de pretensión empírica. Podría ser el punto de vista de que si el organismo está hecho de precisamente aquellos materiales con aquellas particulares consecuencias causales que dan cuenta de cómo se las arregla para vivir, entonces estos materiales particulares tienen también precisamente las otras (una infinidad de) consecuencias causales. Así, si el sistema hace lo que hace —por ejemplo, vivir— entonces debe hacer estas otras cosas también. Aunque esta versión de la pretensión es verdadera, no establece que deba ser factible llevar todos los puntos de vista sobre lo que hace un sistema hacia un punto de vista de lo que hace y ser deducida a partir de las pretensiones que explican cómo hace esa cosa particular. Porque la verdad de las pretensiones en las diferentes caracterizaciones solamente debe ser compatible con, no deducible de, los otros. Así, si bien el argumento anterior es válido, no establece que las diversas caracterizaciones de cómo hace el sistema las diferentes cosas que pueden verse que hace, tengan que ser deducibles de alguna caracterización única. Las caracterizaciones pueden proceder independientemente con la restricción de que eventualmente todas deben ser conjuntamente compatibles.

Así, parece que debemos admitir que muchas de las características de los organismos que tratamos de explicar son incidentales para algún punto de vista particular sobre él, incluso la de "estar vivo". Las explicaciones por articulación de partes son, de cualquier modo, independientes lógicamente, en el sentido de no ser deducibles de muchas o de todas las otras. No hay ninguna razón para restringir las características de los organismos que tratamos de explicar. Podemos insistir en que nosotros obtenemos explicaciones por articulación de partes en lugar de recopilaciones de descripciones verdaderas que no logran articularse. Finalmente, mientras podamos formar y formemos puntos de vista nuevos e inclusivos acerca de lo que hace un organismo y que éstos se añadan a varios puntos de vista anteriores en maneras nuevas y provechosas, parece no haber ninguna razón para insistir en que todos los puntos de vista posibles de lo que hace un organismo y toda explicación de articulación de partes posiblemente verdadera, tengan siquiera que supeditarse a algún punto de vista que lo abarque todo, un punto de vista último de lo que "realmente" hace el organismo. Porque hay, de hecho, una infinidad de cosas que pueden legítimamente verse haciendo a un organismo y existen todas las razones para esperar que los biólogos persigan un círculo cada vez más amplio de enigmas a explicar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, F. J. (1970), "Teleological Explanations in Evolutionary Biology", *Phil. Sci.* 37, pp. 1-5.
- Baer, K. E. von. (1876), "Über den Zweck in den Vorgängen der Natur", *Studien, etc.*, pp. 49-105, 170-234, San Petesburgo.
- Balme, D. M. (1980), "Aristotle's Biology was not Essentialist", *Arch. Gesh. Phil.* 62, pp. 1-12.
- Beckner, M. (1969), "Function and Teleology", *J. His. Biol.* 2, pp. 151- 164.
- Beniger, J. R. (1986), *The Control Revolution*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Bergson, H. (1907), *Evolution Créative*, Alcan, París.
- Braithwaite, R. D. (1951), *Scientific Explanation*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 27- 47. (También en Canfield, 1966.)
- Canfield, J. V. (comp.) (1966), *Purpose in Nature*, Prentice-Hall, Nueva Jersey.
- Craig, W. (1918), "Appetites and Aversions as Constituents of Instincts", *Biol. Bull.* 34, pp. 91-107.
- Davis, B. D. (1961), "The Teleonomic Significance of Biosynthetic Control Mechanisms", *Simposios del Puerto de Cold Spring* 26, pp. 1-10.
- Delbruck, M. (1971), "Aristotle-totle-totle", en J. Monod y E. Borek, (comps.) *Of Microbes and Life*, Columbia University Press, Nueva York.
- Driesch, H. (1909), *Philosophie des Organischen*, Quelle und Meyer, Leipzig.
- Gotthelf, A. (1976), "Aristotle's Conception of Final Causality", *Rev. Metaphysics* 30, pp. 226-254.
- Hinde, R. A., (comp.) (1972), *Non-Verbal Communication*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hinde, R. A., y J. G. Stevenson (1970), "Goals and Response Controls", en L. R. Aronson et al. (comps.), *Development and Evolution of Behavior*, Freeman, San Francisco.
- Hull, D. (1973), *Philosophy of Biological Science*, Foundations of Philosophy Series, Prentice-Hall, Nueva Jersey.
- Kant, I. (1790), *Kritik der Urteilstkraft*, Zweiter Teil.
- Kleinenberg, N. (1886), *Über die Entwicklung durch Substitution von Organen*. *Zeitschr. wiss. Zoologie*, Engelmann, Leipzig, pp. 212-224.
- Lagerspetz, K. (1959), "Teleological Explanations and Terms in Biology", *Ann. Zool. Soc. Vanamo* 19, pp. 1-73.
- Lehman, H. (1965), "Functional Explanation in Biology", *Phil. Sci.* 32, pp. 1-20.
- Lovejoy, A. O. (1936), *The Great Chain of Being*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

- MacLeod, R. B. (1957), "Teleology and Theory of Human Behavior", *Science* 125, pp. 477.
- Mainx, F. (1955), *Foundations of Biology*, Foundations of the Unity of *Science* 1(9), pp. 1-86.
- Mayr, E. (1964), "The Evolution of Living Systems", *Proc. Nat. Acad. Sci.* 51, pp. 934-941.
- McFarland, J. D. (1970), *Kant's Concept of Teleology*, University of Edinburgh Press, Edimburgo.
- Monod, J. (1971), *Chance and Necessity*, Knopf, Nueva York.
- Munson, R. (1971), "Biological Adaptation", *Phil. Sci.* 38: pp. 200-215.
- Nagel, E. (1961), "The Structure of Teleological Explanations", *The Structure of Science*, Harcourt, Brace and World.
- (1977), "Teleology Revisited: Goal Directed Processes in Biology", *J. Phil.* 74, pp. 261-301.
- Nussbaum, M. C. (1978), *Aristotle's De Motu Animalium*, Princeton University Press.
- Pittendrigh, C. S. (1958), "Adaptation, Natural Selection and Behavior", en Roe y Simpson (1958), pp. 390-416.
- Raven, C. P. (1960), "The Formalization of Finality", *Folia Biotheoretica* 5, pp. 1-27.
- Roe, A., y G. G. Simpson (comps.) (1958), *Behavior and Evolution*, Yale University Press, New Haven.
- Rosenblueth, H., N. Wiener y J. Bigelow (1943), "Behavior, Purpose, and Teleology", *Phil. Sci.* 10, pp. 18-24. (También en Canfield (1966), pp. 6-16.)
- Roux, W. (1883), *Über die Bedeutung der Kerntheilungsfiguren. Eine hypothetische Erörterung*, Leipzig.
- Sigwart, C. (1881), *Der Kampf gegen den Zweck*. Kleine Schriften. 2. Mohr, Freiburg.
- Simpson, G. G. (1949), *The Meaning of Evolution: A Study of the History of Life and of Its Significance for Man*, Yale University Press, New Haven.
- Smith, W. John (1969), "Messages of Vertebrate Communication", *Science* 165, pp. 145-150.
- Sorabji, R. (1980), *Necessity, Cause, and Blame: Perspectives on Aristotle's Theory*, Cornell University Press, Ithaca.
- Sommerhoff, G. (1950), *Analytical Biology*, Oxford University Press, Londres.
- Stadler, H. (1874), *Kant's Teleologie und Ihre Erkenntnistheoretische Bedeutung*, F. Dummler.
- Taylor, R. (1950), "Comments on a Mechanistic Conception of Purposefulness", *Phil. Sci.* 17, pp. 310-317. (También en Canfield, 1966, pp. 17-26.)

- Teilhard de Chardin, P. (1955), *Le Phénomene Humain*, Editions de Seuil, París.
- Thelier, W. (1925), *Zur Geschichte der Teleologischen Naturbetrachtung bis Aristoteles*, Zurich und Leipzig.
- Ungerer, E. (1922), *Die Teleologie Kants und ihre Bedeutung fur die Logik der Biologie*, Borntrager, Berlín.
- Waddington, C. H. (1957), *The Strategy of the Genes*, Allen y Unwin, Londres.
- (1968), *Towards a Theoretical Biological I*, Edinburgh University Press, Edinburgo.
- Weismann, A. (1909), "The Selection Theory", en A. C. Seward (comp.), *Darwin and Modern Science*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Wimsatt, W. C. (1972); "Teleology and the Logical Structure of Function Statements", *Stud. Hist. Phil. Sci.* 3, pp. 1-80.

### III. ¿CÓMO ESCRIBIR HISTORIA DE LA BIOLOGÍA?

E. MAYR

CUALQUIER COSA que cambia en el tiempo tiene por definición una historia —el universo, los países, las dinastías, el arte, la filosofía y las ideas mismas—. La ciencia también, desde que surgió de los mitos y las primeras filosofías, ha experimentado un cambio histórico constante y por tanto es material legítimo para el historiador. Debido a que lo esencial en la ciencia es el proceso continuo de resolver problemas buscando el entendimiento del mundo en que vivimos, una historia de la ciencia es primero una historia de los problemas de la ciencia y sus soluciones o intentos de soluciones. Pero es también una historia del desarrollo de los principios que forman el marco conceptual de la ciencia. Debido a que las grandes controversias del pasado frecuentemente llegan a la ciencia moderna, muchas discusiones actuales no pueden ser entendidas completamente a menos que uno entienda su historia.

Las historias escritas, como la ciencia misma, necesitan ser revisadas constantemente. Las interpretaciones equivocadas de autores antiguos muchas veces se han convertido en mitos aceptados sin cuestionamientos y conservados de generación en generación. He hecho un esfuerzo particular por exponer y eliminar tantos de estos mitos como me ha sido posible, con la esperanza de no crear demasiados mitos nuevos. La razón principal por la cual la historia está en constante necesidad de revisión, es que, en un momento dado, sólo refleja el estado presente de entendimiento; depende de cómo el autor interpreta las tendencias intelectuales del momento en biología, así como de su propio marco conceptual y sus antecedentes. Por lo tanto, por necesidad, la historia escrita es subjetiva y efímera.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Esto está bien ilustrado por las dos mejor conocidas y más extensas historias de la biología, la de Radl (1907-1908) y la de Nordenskiöld (1928). Ambas fueron escritas hace más de cincuenta años, por autores cada uno de los cuales tenía un punto de vista definido. Por ejemplo, Radl, era algo romántico y muy impresionado por la importancia de Paracelso, Schelling y Hegel. La historia de la biología de Nordenskiöld, aunque es todavía vigente, tiene muchas debilidades. En particular, él la escribió en un periodo cuando el prestigio del darwinismo, al menos en el continente europeo, había alcanzado su punto más bajo. Debido a su sesgo antidarwinista, su presentación de la historia de la biología evolutiva es virtualmente inservible. En contraste, el tratamiento de la historia de la anatomía, la embriología, y la fisiología siguen aún vigentes. Ambos autores recalcan los aspectos lexicográficos y biográficos, y proceden básicamente en orden cronológico. Nordenskiöld



Cuando comparamos varias historias de la ciencia, se vuelve aparente que los diferentes historiadores tienen diferentes conceptos de ciencia y también diferentes maneras de escribir la historia. Finalmente todos tratan de mostrar el aumento en el conocimiento científico, y los cambios ocurridos en la interpretación de los conceptos. Pero no todos los historiadores de la ciencia han tratado de contestar las seis preguntas principales a las que deben dirigirse todos aquellos que quieran describir el progreso de la ciencia en una forma crítica y glosal: ¿quién?, ¿cuándo?, ¿dónde?, ¿qué? ¿cómo? y ¿por qué? La gran mayoría de los tipos de historia que yo conozco se pueden clasificar con base en la selección que el autor hace de entre preguntas (*cf.* Passmore, 1965, pp. 857-861), aun cuando debo reconocer que casi todos los historiadores usan, en realidad, una combinación de varias estrategias y aproximaciones. Mi clasificación es como sigue:

#### HISTORIAS LEXICOGRAFICAS

Este tipo de historia es más o menos descriptiva con un fuerte énfasis en las preguntas ¿qué?, ¿cuándo? y ¿dónde? ¿cuáles fueron las principales actividades científicas en un periodo dado del pasado? ¿Cuáles fueron los centros científicos donde los científicos más sobresalientes estaban trabajando y cómo cambiaron a través del tiempo? Nadie pondrá en duda el valor de dichas historias. Una presentación correcta de los hechos verdaderos es indispensable porque mucha de la historia tradicional de la ciencia (y sus pruebas estándar) está incrustada de mitos y anécdotas apócrifas. Sin embargo, una historia puramente descriptiva provee únicamente parte de la historia.

#### HISTORIAS CRONOLÓGICAS

Para cualquier persona que escriba historia, es crucial considerar las secuencias en el tiempo. De hecho, se puede escribir tomando la cronología como el criterio primordial de organización, y algunos autores lo han hecho. Por ejemplo, cuando se preguntan ¿qué pasó en la biología entre 1749 y 1789 o entre 1789 y 1830? En todas las ramas de la biología las historias cronológicas presentan una secuencia de secciones cruzadas

reconoció que la historia de la biología debía ser "un segmento de la historia de la cultura general" y estableció que su empeño fue concentrarse "en el tratamiento de los principios teóricos y las generalizaciones[...] aparentes en la investigación biológica". En su presentación del material no siguió sus propias reglas tanto como se requiere en la historiografía científica contemporánea.

en la totalidad de su desarrollo. Este tipo de consideración en la historia no sólo es legítimo sino también muy revelador. Crea una sensación de las tendencias intelectuales y morales del momento y de las influencias que tiene el conocimiento biológico en un momento dado. Permite en primer lugar investigar cómo han influido en la biología misma los avances alcanzados en otras ramas de la ciencia; cómo es que, aun dentro de la biología, los avances hechos por los experimentalistas han afectado el pensamiento de los naturalistas y viceversa.

### HISTORIAS BIOGRÁFICAS

La meta de este tipo de historia es retratar el progreso de la ciencia mediante las vidas de los científicos más sobresalientes. Esta aproximación es también legítima ya que la ciencia la hacen los hombres y el impacto que han tenido individualmente científicos como Newton, Darwin y Mendel ha sido de una naturaleza cuasirevolucionaria. Sin embargo, este tipo de acercamiento a la historia comparte con la cronológica la misma debilidad: atomiza los problemas científicos importantes. El problema de las especies, por ejemplo, tendrá que ser discutido en los textos de Platón, Aristóteles, Cesalpino y herbolarios como Buffon, Linneo, Cuvier, Darwin, Weismann, Nageli, de Vries, Jordan, Morgan, Huxley, Mayr, Simpson, etc. Todas estas discusiones del mismo problema estarán separadas por muchas páginas, si no es que por capítulos.

### HISTORIAS CULTURALES Y SOCIALES

Este punto de vista pone énfasis en el hecho de que la ciencia se forma por el esfuerzo humano y, por lo tanto, es inseparable del medio intelectual e institucional de un periodo dado. Este punto de vista gusta especialmente a aquellas personas que se aproximan a la historia de la ciencia desde el campo de la historia en general. Estas personas se harán preguntas como: ¿Por qué la ciencia en la Gran Bretaña durante los años 1700 a 1850 fue tan experimental y mecanicista, mientras que la ciencia en Francia en la misma época tendió a ser más matemática y racionalista? ¿Por qué la teología natural dominó la ciencia 75 años más en la Gran Bretaña que en todo el continente europeo? ¿Qué tanto influyó la revolución industrial en el surgimiento de la teoría de la selección natural de Darwin?

Aun si el historiador de la biología escogiese no adoptar este punto de vista, debe estudiar con cuidado el ambiente cultural e intelectual que

rodeaba al científico si su interés es encontrar las causas de que surgieran nuevos conceptos. Este punto es evidentemente importante en el presente trabajo, ya que uno de los objetivos más importantes que me he propuesto es investigar las razones de los cambios en las teorías biológicas. ¿Qué le permitió a un investigador hacer un descubrimiento que se le escapó a sus contemporáneos? ¿Qué fue lo que le llevó a una nueva interpretación y a rechazar las tradicionales? ¿De dónde surgió la nueva idea, o en qué se inspiró para formularla? Éste es el tipo de preguntas que es necesario hacerse.

La mayoría de los primeros textos de historia de la ciencia, particularmente aquellos de las disciplinas especializadas, fueron escritos por los propios científicos, quienes dieron por sentado que el ímpetu intelectual del cambio científico provenía del mismo campo (influencias "internas"). Más tarde, cuando la historia de la ciencia empezó a tomarse más en serio y a profesionalizarse, los historiadores y sociólogos empezaron a analizar el progreso del pensamiento científico, y se inclinaron por destacar la influencia del ambiente intelectual, cultural y social del momento (influencias "externas"). Nadie dudaría que existen ambos tipos de influencias, pero hay grandes discrepancias en cuanto al peso o importancia de cada una, particularmente en lo que se refiere a desarrollos específicos, como el que se dio con la teoría de la selección natural de Darwin.

Muchas veces, es muy difícil incluso distinguir los factores internos de los externos. La gran cadena del ser (*scala naturae*) fue un concepto filosófico que tuvo un gran efecto en la formación de los conceptos de los primeros evolucionistas como Lamarck y otros. Sin embargo, Aristóteles desarrolló este concepto con base en observaciones empíricas en los organismos. Por otro lado, entre los factores externos menos controvertidos están las ideologías adoptadas universalmente. El dogma cristiano de la creación y el argumento del diseño de los organismos dado por la teología natural dominó el pensamiento biológico durante varios siglos. El esencialismo (de Platón) es otra ideología todopoderosa. Curiosamente la teoría de Darwin desplazó a esta teoría en gran parte debido a las observaciones de los taxónomos y de los hibridizadores de animales, esto es, debido a factores internos.

Los factores externos no se originan necesariamente en la religión, la filosofía, la vida cultural o la política, sino —al menos en cuanto a la biología se refiere— se pueden originar en una ciencia distinta. El fisicalismo extremo (que incluye el determinismo y el reduccionismo extremo) que prevaleció en el pensamiento occidental después de la revolución científica, influyó poderosamente en la formación de las teorías biológicas durante varios siglos y, como es ahora claro, frecuentemente de ma-

nera adversa. Para citar otro ejemplo, la lógica escolástica dominó los métodos taxonómicos desde Cesalpino hasta Linneo.

Es importante notar que los factores externos tienen influencia en la ciencia de dos maneras completamente diferentes: Pueden afectar el nivel general de la actividad científica en un momento dado y en un lugar determinado, o bien pueden afectar o aun originar una teoría científica en particular. En el pasado con frecuencia estos dos aspectos se consideraban juntos, dando como resultado una gran controversia sobre la importancia relativa de los factores internos en contra de los externos.

Sólo a partir de que ha habido una historia de la ciencia ha sido tomado en cuenta el efecto de las condiciones del entorno en cuanto a las actividades científicas. Se ha especulado interminablemente sobre por qué los griegos tenían tanto interés en hacerse preguntas científicas, y por qué hubo un resurgimiento de la ciencia durante el Renacimiento. ¿Cuál fue el efecto del protestantismo en la ciencia (Merton, 1938)? ¿Por qué floreció la ciencia a ese grado en Alemania durante el siglo XIX? Algunas veces se pueden citar factores externos específicos, como por ejemplo (como Merz ha señalado, entre 1896 y 1914) el reemplazo del latín por el alemán en la Universidad de Halle, y la fundación de la Universidad en Gotinga hacia 1737 en la cual la *Wissenschaft* tenía un papel fundamental. Cambios institucionales de todo tipo, como la fundación de la Royal Society y, sucesos políticos como guerras y el lanzamiento del Sputnik, así como necesidades tecnológicas, tuvieron efectos tanto estimulantes como depresores en la actividad científica. Esto, de todas formas, deja abierta la pregunta muy controvertida de en qué medida estos factores externos favorecieron o inhibieron teorías científicas *espectficas*.

En particular, los historiógrafos marxistas recientemente han proclamado la tesis de que las ideologías sociales influyen en las ideas de los científicos, y que la historia de la ciencia como se practica hoy en día ha negado totalmente el contexto social. Ellos piensan que como resultado se tiene una historia burguesa de la ciencia, la cual es muy diferente de lo que podría ser una historia proletaria de la ciencia. Ellos dicen que lo que se necesita es una historia "radical". Esta demanda proviene en última instancia de la propuesta de Marx, según la cual las clases dominantes no se pueden separar de las ideas dominantes. Por lo tanto, la historia de la ciencia burguesa es muy diferente de la historia de la ciencia proletaria.

Sin embargo, la tesis que dice que hay una manera proletaria de escribir la historia de la ciencia está en conflicto con tres conjuntos de hechos: Primero, las masas no producen teorías científicas que sean diferentes a las que produce la clase científica. Si existe alguna diferencia, ésta consiste en que el "hombre común" generalmente retiene las ideas

aún después de que han sido descartadas por los científicos. Segundo, hay una gran movilidad social entre los científicos: de un cuarto a un tercio de cada generación de científicos provienen de clases socioeconómicas más bajas. Tercero, la clase social en la que se nace tiende a estar mucho más relacionada con la determinación de quiénes originan nuevas ideas rebeldes que con aquellos que pertenecen a una clase en particular (Sulloway, MS). Todo esto está en conflicto con la tesis de que el contexto socioeconómico tiene un efecto dominante en el surgimiento de nuevas ideas y de nuevos conceptos científicos; el peso de la evidencia está en contra de quienes suscriben tales tesis y hasta ahora han sido incapaces de presentar alguna prueba concreta.

Por supuesto que nadie vive en el vacío, y cualquiera que lea vorazmente, como lo hizo Darwin después de su regreso del viaje en el *Beagle*, se verá influido por sus lecturas (Schweber, 1977). Los cuadernos de notas de Darwin son una evidencia de lo correcto de esta inferencia. Pero, como Hodge (1974) señala, esto por sí mismo no prueba la tesis de los marxistas de que "Darwin y Wallace al formular sus teorías estaban extendiendo la ética de *laissez-faire* de la sociedad capitalista a toda la naturaleza". Hasta ahora, aparentemente, no ha tenido una gran importancia la influencia de los factores sociales en el desarrollo de avances específicos en la biología. Lo contrario es, por supuesto, falso. Sin embargo, el estudio del efecto de la ciencia en la teoría social, las instituciones sociales y la política pertenece al dominio de la historia, la sociología y las ciencias políticas, pero no al de la historia de la ciencia. Estoy de acuerdo con Alexander Koyré (1965, p. 856) en que es inútil "deducir la existencia" de ciertos científicos y ciencias a partir de su entorno. "Atenas no explica la existencia de Platón más de lo que Siracusa explica a Arquímedes o Florencia a Galileo. Buscar explicaciones en estos términos es una empresa completamente inútil, tan inútil como tratar de predecir la evolución futura de la ciencia o de las ciencias en función de la estructura del contexto social." Thomas Kuhn (1971, p. 280), de manera semejante, ha observado que el historiador parece invariablemente dar "un énfasis excesivo al papel del clima circundante en las ideas extracientíficas" (véase también Passmore, 1965).

#### HISTORIAS PROBLEMÁTICAS

Hace más de cien años Lord Acton aconsejó a los historiadores que "estudiaran problemas, no periodos". Este consejo es apropiado especialmente para la historia de la biología, que se caracteriza por la longevidad de sus problemas científicos. La mayoría de las grandes controversias de

los siglos XIX y principios del XX se refieren a problemas que se conocían ya desde Aristóteles. Estas controversias se han transmitido de generación en generación, y de siglo en siglo. Son procesos, no hechos, y pueden ser completamente entendidos solamente a través de tratamientos históricos. Como dijo R.G. Collingwood (1939, p. 98): la historia "no se ocupa de hechos sino de procesos. Los procesos no son cosas que tengan principio y fin sino que se convierten unos en otros". Esto debe ser subrayado particularmente para los positivistas lógicos, cuyos puntos de vista estáticos hacían pensar que el problema auténtico de la ciencia era la estructura lógica: "La filosofía de la ciencia, como ellos la conciben, es eminentemente un análisis cuidadoso y detallado de la estructura lógica y los problemas conceptuales de la ciencia contemporánea" (Laudan, 1968). De hecho, la mayoría de los problemas científicos se entienden mucho mejor si se estudia su historia y no tanto su lógica. De todas formas, se debe recordar que la historia problemática no reemplaza a la historia cronológica. Las dos aproximaciones son complementarias.

El punto de vista problemático hace énfasis en la historia de los intentos por resolver problemas (por ejemplo, la naturaleza de la fertilización o el factor que le otorga direccionalidad a la evolución). La historia incluye no sólo los intentos provechosos para resolver problemas, sino también los fallidos. En el tratamiento de las controversias más importantes en el campo de la biología se hace un esfuerzo por analizar las ideologías (o dogmas) así como la evidencia específica con las cuales los adversarios apoyaban teorías opuestas. En la historia de la problemática se hace énfasis en el científico, su mundo conceptual y su trabajo. ¿Cuáles eran los problemas científicos de la época? ¿Cuáles eran las herramientas técnicas y conceptuales disponibles para la búsqueda de una solución del problema? ¿Qué metodología estaba a su alcance? ¿Qué ideas prevalecientes en ese momento dirigieron e influyeron en la toma de decisiones durante la investigación? Este tipo de preguntas son las que dominan el enfoque de la historia desde el punto de vista de su problemática.

Este trabajo lo he escrito adoptando ese punto de vista\*. El lector debe tener en mente que no es una historia de la ciencia tradicional. Debido a que se concentra en la historia de los problemas y conceptos científicos, necesariamente se le escapan los aspectos biográficos y sociológicos de la historia de la biología. Puesto que mi formación es la de un biólogo, me siento mejor preparado para escribir una historia de los problemas y conceptos de la biología que una historia biográfica o sociológica.

La esencia de la historia de la problemática es preguntar ¿por qué? ¿Por qué fue en Inglaterra donde se desarrolló la teoría de la selección

\* Mayr se refiere al libro citado en la nota 2. [E.]

natural cuatro veces de manera independiente? ¿Por qué la verdadera genética de poblaciones surgió en Rusia? ¿Por qué los intentos de Bateson para explicar la genética estuvieron casi invariablemente equivocados? ¿Por qué Correns se distrajo con cualquier tipo de problemas periféricos y en consecuencia contribuyó muy poco a los principales avances de la genética después de 1900? ¿Por qué la escuela de Morgan dedicó sus esfuerzos por tantos años a reforzar la ya bien establecida teoría cromosómica de la herencia en lugar de abrirse a nuevas fronteras? ¿Por qué De Vries y Johannsen tuvieron tan poco éxito en la aplicación de sus descubrimientos a la teoría de la evolución y sin embargo tuvieron éxito en sus trabajos de genética? Los intentos para contestar estas preguntas requieren reunir y analizar una gran cantidad de pruebas; lo cual casi invariablemente conlleva a hacer nuevas reflexiones aun cuando nuestra pregunta al final resulte inválida. Las respuestas a preguntas “por qué” son, inevitablemente, un tanto especulativas y subjetivas, pero obligan a uno mismo a ordenar sus observaciones y a poner constantemente en tela de juicio las propias conclusiones y su consistencia con el método hipotético-deductivo. Ahora, una vez establecida la legitimidad de las preguntas “por qué”, incluso para la investigación científica, y particularmente para la biología evolucionista, debe haber aún menos dudas acerca de la legitimidad de dichas preguntas al escribir historia. En el peor de los casos, el análisis detallado necesario para hacerse estas preguntas puede establecer que los supuestos en los que se apoya la pregunta eran incorrectos. Pero esto mismo ayudaría a incrementar nuestra comprensión del problema.

No todos los historiadores se han percatado de lo complejos que son muchos conceptos biológicos —de hecho, ni siquiera de lo compleja que es la estructura de la biología como un todo—. En consecuencia, se han publicado algunas versiones extremadamente confusas de la historia de la biología de autores que no entienden que hay dos biología: una que resuelve las causas funcionales y otra las causas evolucionistas. De la misma manera, cualquier persona que escriba sobre “La teoría de la evolución de Darwin” en singular, sin tomar en cuenta las teorías de la evolución gradual, del ancestro común, la especiación y el mecanismo de la selección natural, no podrá discutir este asunto competentemente. Cuando se propusieron por primera vez la mayoría de las teorías de la biología eran de este tipo compuesto. Su historia y su efecto no puede ser entendidos a menos que se separen los diferentes componentes y se estudien independientemente. Frecuentemente pertenecen a líneas conceptuales muy diferentes.

Estoy convencido de que uno no puede entender el crecimiento del pensamiento biológico a menos que entienda la estructura del pensa-

miento en biología. Por esta razón intento presentar los conceptos y perspectivas de la biología con gran detalle.<sup>2</sup> Este tipo de análisis fue particularmente necesario en el tratamiento de la diversidad debido a que no hay otro tipo de marco conceptual o tratamiento adecuado disponible para la ciencia de la diversidad. Estoy consciente del peligro de que algunos críticos opinen, "¡Pero si éste es un libro de texto de biología organizado históricamente!"<sup>3</sup> Es tal vez lo que debiera ser una historia de la problemática de la biología. Probablemente la dificultad más grande con la que se enfrenta cualquier historia conceptual de la biología es la longevidad de las controversias. Muchas de las controversias aún vigentes tienen su origen hace varias generaciones y hasta siglos, algunas incluso se remontan a la época de los griegos. En esos casos es más constructivo hacer una presentación más o menos "atemporal" que una cronológica.

### SUBJETIVIDAD Y PREJUICIOS

Un teórico soviético del marxismo una vez se refirió a mis escritos como "materialismo dialéctico puro". Yo no soy marxista y no conozco la última definición de materialismo dialéctico, pero sí admito que comparto algunos puntos de vista antireduccionistas de Engels, tal como están formulados en su *Anti-Duhring*, y me siento muy atraído por el esquema de Hegel de tesis-antítesis-síntesis. Además, creo que se puede provocar más fácilmente por el establecimiento categórico de una tesis, y que el problema se resuelve más eficientemente con la confrontación de una tesis inflexible y una antítesis, y que por tanto, la síntesis última se logra más rápidamente. En la historia de la biología se pueden encontrar muchos ejemplos de esto.

Este punto de vista domina mi presentación de la historia de la biología. Siempre que me fue posible, traté de hacer una síntesis de puntos de vista opuestos (a menos de que uno de ellos estuviera claramente equivocado). Cuando ocurría que el problema no tenía solución, traté de describir los puntos de vista opuestos de una manera categórica, algunas veces poniéndome del lado del punto de vista descrito para provocar, si se justificaba, una respuesta. Algunas personas me llaman dogmático debido a que odio darle vueltas a la noria. Sin embargo, yo creo que es una caracterización equivocada. Una persona dogmática insiste en estar en lo correcto, sin importarle la evidencia contraria. Ésta nunca ha sido mi actitud, me enorgullezco de haber podido cambiar de opi-

<sup>2</sup> Mayr se refiere aquí al libro: *The Growth of Biological Thought*, 1982, Harvard University Press, pp. 974.

<sup>3</sup> *Idem*.



nión muchas veces. Sin embargo, es cierto que mi táctica es hacer aseveraciones categóricas arrasadoras. Es debatible el hecho de que esto, en el mundo del libre intercambio de ideas científicas, sea un error o no. Mi manera de pensar es que de esta manera se llega más rápido a una solución de los problemas científicos que con una defensa cautelosa y timorata. Estoy de acuerdo, desde luego, con el punto de vista de Passmore (1965) que dice que los relatos de la historia deben ser polémicos. Esos relatos darán lugar a contradicciones que retarán al lector para que formule una refutación. Por un proceso dialéctico, será más rápida la síntesis de perspectiva. No se debe confundir la subjetividad con la adopción no ambigua de un punto de vista definido.

La exigencia tradicional que se hace a los historiadores, ha sido siempre que sean estrictamente objetivos. Este ideal fue muy bien expresado por el historiador Leopold von Ranke, quien decía que los historiadores deberían "mostrar la realidad tal y como era". Él contemplaba la historia como una reconstrucción fiel de la serie de sucesos del pasado. Esta objetividad es apropiada cuando se intenta contestar las preguntas de quién, qué, cuándo, y dónde, aunque debe señalarse que, aún al presentar los hechos, los historiadores son subjetivos puesto que usan juicios de valor al acomodar los hechos y, son selectivos cuando deciden cuáles aceptar y cómo relacionarlos entre sí.

Al escribir la historia, la subjetividad entra en juego en cada etapa, especialmente cuando uno busca explicaciones y pregunta porqué, lo cual es necesario en la historia de la problemática. Uno no puede llegar a explicaciones sin usar su propio juicio personal, y esto inevitablemente es subjetivo. Un tratamiento subjetivo es normalmente mucho más estimulante que uno estrictamente objetivo porque tiene mayor valor heurístico.

¿A qué grado es permisible la subjetividad y en qué momento se vuelve distorsión? Radl (1907-1908), por ejemplo, tenía un fuerte sesgo anti-darwiniano, al grado de que no podía presentar la teoría darwiniana adecuadamente. Esto, claro, es haber ido demasiado lejos. La subjetividad fácilmente se convierte en un prejuicio, sobre todo cuando se ve involucrada la evaluación de científicos de periodos anteriores. Aquí los historiadores tienden a los extremos. O bien adoptan una aproximación estrictamente retrospectiva, en la que el pasado se evalúa completamente a la luz del conocimiento y comprensión de los hechos presentes; o bien suprimen completamente el punto de vista retrospectivo y describen los hechos del pasado estrictamente en términos de la manera de pensar del periodo a tratar. A mí me parece que ninguna de estas dos aproximaciones es enteramente satisfactoria.

Un mejor procedimiento sería combinar los mejores aspectos de ambas aproximaciones. De esta manera, se trataría de reconstruir el medio

intelectual de la época tan fielmente como sea posible. Pero no sería suficiente el tratamiento de controversias pasadas estrictamente en términos de la información disponible en esa época. Este procedimiento dejaría opacas y sin resolver tantas controversias como cuando tuvieron lugar. A diferencia, el conocimiento moderno debería ser usado para entender las dificultades siempre que ayude a aclararlas. Sólo esta aproximación nos permitirá determinar las razones de la controversia y por qué no se pudieron resolver. Por ejemplo, pudo ser una dificultad semántica (el uso de la misma palabra con diferentes significados), o bien, un desacuerdo conceptual (por ejemplo el de los esencialistas contra los pensadores poblacionistas), o un franco error (como la confusión de las causas últimas y próximas). Un estudio de las controversias del pasado es particularmente iluminador cuando los argumentos y los puntos de vista opuestos son analizados en términos de nuestro conocimiento presente.

Los problemas semánticos son especialmente fastidiosos, ya que muy frecuentemente no se descubren. Los griegos, por ejemplo, tenían un vocabulario técnico muy limitado y comúnmente usaban el mismo término para conceptos o cosas bastante diferentes. Tanto Platón como Aristóteles usaban el término *eidos* (y Aristóteles al menos, lo usaba en varios sentidos), pero el significado principal del término es totalmente diferente en los dos autores. Platón era un esencialista, pero Aristóteles era esencialista sólo en un grado muy limitado (Balme, 1980). Aristóteles usaba el término *genos* ocasionalmente como un sustantivo colectivo (correspondiente al género taxonómico) pero con mayor frecuencia en el sentido de especie. Cuando Aristóteles fue redescubierto a mediados de la Edad Media y traducido al latín y a los idiomas occidentales, sus términos fueron traducidos en los términos "equivalentes" disponibles en los *diccionarios medievales*. Estas traducciones equívocas han tenido una influencia desafortunada en nuestra comprensión del pensamiento aristotélico. Algunos autores modernos han tenido el valor de usar términos modernos para revelar el pensamiento aristotélico, términos que probablemente Aristóteles hubiese usado si viviera en nuestros días. Estoy pensando, por ejemplo, en el uso que Delbrück hizo del término "programa genético" para dejar claro la intención de Aristóteles al usar el término *eidos* en su descripción del desarrollo individual. De la misma manera uno debería usar "teleonomía" (en lugar de "teleología") cuando Aristóteles discute la direccionalidad controlada por un *eidos* (programa). Esto no es un anacronismo, sino simplemente una manera de aclarar lo que un autor antiguo pensaba al usar una terminología que es ambigua para un lector moderno.

Sin embargo, sería inapropiado usar la visión retrospectiva moderna para juicios de valor. Lamarck, por ejemplo, no estaba tan equivocado

(como ahora parece a aquellos que están familiarizados con el seleccionismo y la genética mendeliana) cuando se juzga en términos de los hechos conocidos por él y de las ideas prevalecientes en la época. La frase "interpretación presentista de la historia" fue introducida por el historiador Herbert Butterfield (1931) para señalar la costumbre de algunos historiadores ingleses constitucionalistas, de ver su objeto de estudio como una ampliación de los derechos humanos, en la que los liberales buenos y "que ven hacia el futuro" estaban continuamente luchando con los conservadores "que ven hacia el pasado". Butterfield, más tarde (1957) aplicó el término presentista (*whiggish*) al tipo de historia de la ciencia en el cual cada científico es juzgado por la magnitud de sus contribuciones en el establecimiento de la interpretación actual de la ciencia. En lugar de evaluar a los científicos en términos del medio intelectual en el que se desarrollaban, los evalúa estrictamente en términos de los conceptos prevalecientes. En esta aproximación se ignora el contexto completo de los problemas y conceptos en los que los científicos anteriores han trabajado. La historia de la biología está plagada de estas interpretaciones tendenciosas y presentistas.

Siempre que hay una controversia científica, los puntos de vista del lado perdedor casi invariablemente después son tergiversados por los vencedores. Varios ejemplos son: el tratamiento de Buffon por los partidarios de Linneo, el de Lamarck por los partidarios de Cuvier, el de Linneo por los darwinianos, el de los biometristas por los mendelianos, y así sucesivamente. Los historiadores de la biología deben intentar presentar una estimación más balanceada. Muchas teorías, hoy rechazadas, como la de la herencia de los caracteres adquiridos sostenida por Lamarck, anteriormente parecían bastante consistentes con los hechos conocidos en esa época. Los autores no deberían ser criticados por haber adoptado esa u otras teorías, aun cuando ahora se haya comprobado que están equivocadas. Casi siempre los que han sostenido teorías aparentemente equivocadas han tenido razones de peso para hacerlo. Con frecuencia trataban de hacer énfasis en algo que sus oponentes habían descuidado. Los preformacionistas, por ejemplo, intentaban subrayar algo que más tarde resurgió como el programa genético. Los biometristas sostenían los puntos de vista de Darwin de la evolución gradual en contra de los mendelianos y su teoría saltacionista. En ambos casos las ideas correctas se agrupaban con ideas equivocadas y se manejaban en conjunto con los errores. Yo trato de poner especial atención en las víctimas (tanto personas como teorías) puesto que en el pasado han sido tratadas injustamente o, al menos, inadecuadamente.

El camino de la ciencia nunca es completamente recto. Siempre hay teorías rivales y una buena parte de la atención de una época dada pue-

de dirigirse hacia problemas laterales que eventualmente resultan callejones sin salida. Estos desarrollos, con frecuencia ilustran las tendencias intelectuales y morales de un periodo, con más éxito que los avances rectilíneos de la ciencia. Desgraciadamente la falta de espacio imposibilita un tratamiento adecuado de muchos de estos desarrollos. Ninguna historia puede darse el lujo de tratar cada causa perdida y cada desviación. Sin embargo, hay excepciones. Algunas de las fallas o errores del pasado revelan convenientemente aspectos de la manera de pensar de la época que de otra manera se perderían. Por ejemplo, el quinarianismo de Macleay y Swainson, que fue totalmente eclipsado por *El origen de las especies*, representó un sincero esfuerzo por reconciliar la aparente diversidad caótica de la naturaleza con la entonces prevaleciente convicción de que tenía que haber algún orden "mayor" en la naturaleza. También revela la todavía poderosa adhesión al viejo mito de que todo orden en el mundo es, a final de cuentas, numérico. Tan mal concebida y efímera como lo fue la teoría del quinarianismo, de cualquier manera contribuye en nuestra comprensión de la manera de pensar de esa época. Lo mismo puede decirse de casi cualquier teoría o corriente de pensamiento del pasado que ya no se considera válida. Los intereses de un historiador necesariamente influyen en sus decisiones sobre, por ejemplo, qué aspectos tratará en detalle y cuáles otros estudiará superficialmente. Yo tiendo a estar de acuerdo con Shuster, quien escribió en *The Progress of Physics* (1911), lo siguiente: "prefiero ser francamente subjetivo, y advertir al lector con anterioridad que mi aproximación será fragmentaria, y en gran medida deudora de aquellos aspectos que van de acuerdo con mi perspectiva personal".

#### HISTORIADORES CONTRA CIENTÍFICOS

Los historiadores y los científicos son dos grupos de estudiosos con puntos de vista y antecedentes completamente diferentes, que reclaman como propia la historia de la ciencia. Sus contribuciones respectivas de hecho son un tanto diferentes, y están dictadas por diferentes aptitudes e intereses. Un científico tiende a seleccionar para su análisis y discusión problemas diferentes de los que escoge un historiador o un sociólogo. Por ejemplo, en explicaciones recientes de la evolución por varios evolucionistas, H. Spencer ha recibido muy poca atención, si es que alguna. Hay buenas razones para esto. Spencer no sólo era vago y confuso, sino que además las ideas que defendía eran de otros, y eran ya obsoletas cuando Spencer las retomaba para discutir las. No se cuestiona que Spencer tomaba prestadas ideas que fueron populares e influyentes —al

menos en lo que concierne al público general— sin embargo, no es tarea propia de científicos-historiadores invadir el dominio de la sociología. Los biólogos normalmente carecen de habilidad para tratar con los problemas sociales de la historia. Por otro lado, sería igualmente ridículo pedir que un historiador social presentara un análisis competente de problemas científicos. La historia de la ciencia requiere de inspiración, información y ayuda metodológica de ambas partes; de la ciencia y la historia, y a su vez, sus hallazgos contribuyen a ambos campos.

Hay razones de peso para atraer la atención tanto de historiadores como de científicos hacia la historia de la ciencia. Los griegos no tenían ciencia tal y como la definimos hoy en día; cualquiera que fuera su ciencia, la practicaban tanto filósofos como médicos. Después de la Edad Media hubo una inclinación continua hacia la emancipación de la ciencia de la filosofía y de las tendencias intelectuales y morales de la época. En el periodo renacentista y durante el siglo XVIII las creencias científicas estaban fuertemente influidas por la actitud de los científicos hacia la religión y la filosofía. Un cartesiano, un cristiano ortodoxo, o un deísta, inevitablemente tenían ideas diferentes con respecto a temas sobre cosmología, generación y todos los aspectos de la interpretación de la vida, de la materia y de sus orígenes. Nada marcó la emancipación de la ciencia de la religión y la filosofía más definitivamente que la revolución darwiniana. Desde aquella época se ha vuelto muy difícil juzgar si es un científico cristiano devoto o ateo al leer sus publicaciones. Lo anterior es cierto, con excepción de unos cuantos fundamentalistas, incluso para los escritos de los biólogos sobre el tema de la evolución.

Esta tendencia hacia la emancipación de la ciencia tuvo un efecto importante en los escritos de la historia de la ciencia. Entre más nos alejamos en el tiempo, se vuelve menos importante la acumulación de conocimiento científico de la época y más importante el ambiente intelectual general. Por lo que se refiere a la biología, no es sino hasta cerca de 1740 cuando los problemas científicos comienzan a separarse de las controversias generales intelectuales del momento. No cabe duda de que los historiadores son particularmente competentes para tratar los momentos más tempranos de la historia de la ciencia. Sin embargo, la historia de los siglos XIX y XX de disciplinas biológicas especializadas estuvo dominada completamente por científicos, hasta su reciente profesionalización como historiadores de la ciencia. Esto lo podemos ver ilustrado en trabajos recientes sobre la historia de áreas especializadas de la biología, por ejemplo los de Dunn, Stubbe, y Sturtevant en genética, de Fruton, Edsall y Leicester en bioquímica, los de Needham y Oppenheimer en embriología, los de Baker y Hughes en citología, los de Stresmann en ornitología, para mencionar solamente algunos de la extensa bibliografía.

ffía existente. Estos trabajos demuestran la capacidad de los científicos para hacer investigaciones históricas.

### EL SESGO DE LOS FÍSICOS

La mayoría de las historias generales de la "ciencia" han sido escritas por historiadores de la física, quienes nunca han podido superar la actitud parroquial de que cualquier cosa que no sea aplicable a la física no es ciencia. Los físicos tienden a calificar a los biólogos en la escala de valores que depende de qué tanto usan "leyes", medidas, experimentos y otros aspectos de la investigación científica que están altamente valorados en la física. Como resultado, los juicios acerca del campo de la biología efectuados por historiadores de la física que uno se encuentra en la bibliografía son tan absurdos que uno no puede más que sonreír. Por ejemplo, sabiendo que Darwin desarrolló su teoría de la evolución en gran parte con base en sus observaciones como naturalista, no le queda a uno más que maravillarse con afirmaciones como ésta: "El naturalista es, por supuesto, un observador entrenado pero sus observaciones difieren de aquellas que hace el guardabosque, sólo en grado, no en tipo; su única calificación esotérica es su familiaridad con la nomenclatura sistemática". Este tipo de prejuicio del pensamiento fiscalista está completamente fuera de lugar en el estudio de la biología evolutiva. La formación de las teorías y su historia en la biología evolucionista y sistemática requiere una aproximación radicalmente diferente, una aproximación que de alguna forma es similar a la adoptada por un historiador de la arqueología o por un intérprete de la historia universal moderna.

### OTROS PREJUICIOS

Todos los especialistas, no sólo los físicos, consideran de manera natural, que su campo de investigación es el más interesante y sus métodos los más productivos. Como resultado se encuentra un tipo de chovinismo odioso entre las diferentes áreas de la ciencia, y aún dentro de un campo específico como la biología. Es chovinismo, por ejemplo, cuando Hartmann (1947) asignó 98% de su enorme libro *Biología general* a la biología fisiológica y sólo 2% a la biología evolutiva. Es también chovinismo cuando ciertos historiadores adjudican el surgimiento de la síntesis evolucionista a los descubrimientos en genética, ignorando por completo las contribuciones hechas por la sistemática, la paleontología, y otras ramas de la biología evolutiva (Mayr y Provine, 1980).

También algunas veces existe un chovinismo nacional dentro de las áreas de la ciencia, que tiende a exagerar o hasta presentar equivocadamente la importancia de la ciencia en el país de origen del escritor y a la vez a menospreciar o ignorar a los científicos de otras naciones. Esto no necesariamente se debe a un patriotismo fuera de lugar, sino más frecuentemente es el resultado de la falta de capacidad para leer en los idiomas en los que científicos de otros países han publicado contribuciones importantes. Estoy muy consciente de que existe la posibilidad de sesgo en mi propio trabajo debido a mi incapacidad para leer lenguas eslavas y japonesas.

#### TRAMPAS Y DIFICULTADES

La mayor dificultad que hay en el esfuerzo de identificar el gran número de problemas de la biología y reconstruir el desarrollo de su marco conceptual consiste en la extensa cantidad de material que debe ser estudiado. En principio, esto consiste en todo el acervo de conocimientos acumulado en biología, incluyendo todos los libros y artículos periódicos publicados por biólogos, sus cartas y sus biografías, información de las instituciones con las que se asociaron, historia social contemporánea y mucho más. Ni siquiera el historiador más escrupuloso podría cubrir ni un décimo del 1% de todo el material. La situación se agrava por la aceleración exponencial en la tasa de producción reciente. En un periodo impresionantemente corto se han publicado más artículos (y páginas) de los que se publicaron en la precedente historia de la ciencia. Hasta los especialistas se quejan de que ya no pueden estar al día a causa de la avalancha de investigaciones producidas en su propio campo. Curiosamente sucede lo mismo para los escritores de historia de la ciencia. Sólo en los Estados Unidos hay ahora tal vez cinco veces más historiadores de la biología de los que había hace apenas 25 años.

#### TEMPESTIVIDAD

Una crítica que comunmente se les hace a los historiadores de la ciencia, y no sin justificación, es que están demasiado preocupados exclusivamente con la "prehistoria" de la ciencia, esto es, con periodos de acontecimientos que son altamente irrelevantes para la ciencia moderna. Para evitar esta queja he tratado de empezar la historia tan cercana del presente como es posible para un no especialista. En algunos casos, por ejemplo, el descubrimiento en los últimos cinco a diez años en la biología molecular del número de familias de ADN, o las consecuencias con-

ceptuales (por ejemplo en evolución) el conocimiento previo es demasiado incierto para tratarlo.

Estoy en desacuerdo con las recientes aseveraciones de que "el objeto de la historia de la ciencia son las investigaciones y disputas que han concluido más que los problemas que están presentes y vivos actualmente". Esto es un gran error. La mayoría de las controversias científicas se extienden por periodos más largos de lo que generalmente se piensa. Aún en nuestros días las controversias tienen una raíz que frecuentemente se remonta tiempo atrás. Son precisamente los estudios históricos de esas controversias los que continuamente contribuyen a la aclaración conceptual y por tanto hacen posible la solución final. Análogamente al campo de la historia universal, donde "la historia contemporánea" se reconoce como un campo legítimo, hay una "historia contemporánea" de la ciencia. No hay nada más equivocado que asumir que la historia de la ciencia sólo trata temas ya caducos. Por el contrario, uno puede llegar a considerar como prehistoria las estimaciones de problemas caducos de siglos y milenios anteriores.

#### SIMPLIFICACIÓN

Se advierte al lector que la aparente simplicidad de muchos desarrollos es un tanto engañosa. Se deben consultar otras fuentes más detalladas que se concentren en desarrollos especiales o periodos cortos para poder apreciar todo el sabor de las distintas corrientes que se cruzan, los principios falsos y las hipótesis equivocadas que prevalecieron en un momento dado. Los desarrollos nunca han sido tan directos y lógicos como aparentan en una retrospectiva simplificada. Es particularmente difícil hacer un énfasis adecuado en el poder, frecuentemente paralizante, de conceptualizaciones atrincheradas, cuando se las confronta con nuevos descubrimientos o conceptos.

La inexactitud también se introduce cuando se etiqueta a ciertos autores de vitalistas, preformacionistas, teologistas, saltacionistas, o neodarwinistas, como si estas etiquetas se refirieran a tipos homogéneos. De hecho, estas categorías consisten de individuos entre los que ni siquiera dos de ellos comparten los mismos puntos de vista. Esto es especialmente cierto para los epítetos como "lamarckianos" y "neolamarckianos", puesto que algunos de ellos no tienen nada en común entre sí, excepto la creencia en que los caracteres adquiridos se heredan.



## PRESUPUESTOS

Una dificultad más para el historiador de la ciencia se presenta por la falta de conciencia del investigador de su propio marco conceptual. Muy rara vez hablan —si es que acaso lo piensan— sobre qué verdades o conceptos aceptan sin cuestionamientos y cuáles otras rechazan totalmente. En muchos casos los historiadores pueden unir el rompecabezas solamente reconstruyendo el ambiente intelectual completo de la época. Y sin embargo, comprender estos conceptos tácitamente asumidos puede ser necesario para contestar preguntas desconcertantes anteriormente. En la ciencia uno siempre trata con prioridades y sistemas de valores, los cuales determinan la dirección de nuevos campos de investigación después de que se ha completado un trabajo previo de investigación; determinan también cuáles teorías interesa confirmar o refutar al investigador; también determinan si el investigador considera agotada o no una área de investigación. Y sin embargo, hasta ahora se ha descuidado un estudio de los factores que determinan esas prioridades o los sistemas de valores. El historiador de la ciencia debe tratar de encontrar qué ocurrió en la mente del científico cuando le dio una nueva interpretación a un conjunto de hechos conocidos desde hace tiempo. Tal vez es lícito decir que los sucesos realmente cruciales en la historia de la ciencia siempre ocurren en la mente del científico. Uno debe tratar de pensar, para decirlo de alguna manera, como el científico cuando desarrolló el trabajo que uno está tratando de analizar.

Normalmente, la mayoría de los científicos se concentra en sus publicaciones sobre nuevos hechos, o bien, en nuevos descubrimientos, y sobre todo en cualquier cosa que sea espectacular. Al mismo tiempo, usualmente se les olvida registrar los cambios importantes que están ocurriendo en los conceptos o en el énfasis que se les da. Muchas veces ni siquiera reconocen estos cambios, o incluso los consideran sin importancia. Cuando el historiador moderno trata de reconstruir esos cambios en siglos pasados, no puede evitar proyectar a la historia los intereses y la escala de valores del presente. Este peligro de interpretación sólo puede minimizarse si el historiador está completamente consciente de lo que está haciendo.

## ¿POR QUÉ ESTUDIAR HISTORIA DE LA BIOLOGÍA?

Mi interés en la historia de la ciencia surgió por la lectura de *La gran cadena del ser*, de A. O. Lovejoy, donde se hace el intento —muy exitoso por cierto— de seguir la historia de la vida, por decirlo así, de una sola

idea (o una compleja cohesión de ideas) desde la Antigüedad hasta el final del siglo XVIII. Aprendí más de este único libro que casi de cualquier otra cosa que haya leído antes. Otros dos autores que han intentado una aproximación similar son Ernst Cassirer y Alexander Koyré. Con sus libros nos han proporcionado estándares completamente nuevos de la historiografía científica.

En el caso de la historia de la ciencia, el centro de atención son los problemas más que las ideas, pero la manera de tratarlos no es muy diferente a la de un historiador de las ideas al estilo de Lovejoy. Como Lovejoy, el historiador de la ciencia trata de rastrear los problemas desde su surgimiento y observar su destino y sus ramificaciones, desde su origen hasta su solución o su estado en la época actual.

Nuestra cultura menosprecia la preocupación por este tipo de historia conceptual de la ciencia y muchas veces la considera como un pasatiempo de científicos retirados. Esta actitud ignora las múltiples contribuciones que aporta esta rama del conocimiento. La historia de la ciencia, como se ha señalado con frecuencia, es particularmente importante como una primera introducción a la ciencia. Ayuda a llenar el hueco entre las "creencias generales" y los descubrimientos científicos, ya que muestra de qué manera y por qué razones la ciencia ha logrado avanzar más allá de las creencias populares. Para ilustrar esto tomemos el ejemplo de una rama de la biología, la genética; en la historia de la genética se puede mostrar con cuáles descubrimientos y argumentos se refutaron creencias bastante difundidas y erróneas, por ejemplo que los caracteres adquiridos se heredan; o en que el material genético de los padres se "mezcla"; o que la "sangre" de la hembra se mancha una vez que ha sido inseminada —aun cuando sea por una sola vez—, de manera tal que nunca más puede producir descendencia "pura"; o que un solo óvulo es fertilizado simultáneamente por espermatozoides de varios machos; o bien, que los accidentes no mutagénicos que sufra una madre embarazada pueden llevar a la producción de características heredables. Creencias erróneas como tales, derivadas de creencias populares, mitos, documentos religiosos, o de filosofías primitivas, han sido sostenidas en un principio en muchos campos de la biología. La demostración histórica del reemplazo gradual de estas creencias precientíficas o de las primeras etapas de la ciencia por teorías y conceptos científicos bien fundamentados ayudan enormemente para explicar el actual marco conceptual de las teorías biológicas.

El horizonte de los legos no es el único que se ampliará enormemente al estudiar la historia de las ideas en biología. Los avances en muchas áreas de la biología son tan rápidos en la actualidad que los especialistas ya no pueden estar al día en cuanto a los avances en áreas distintas a la

propia. Conuerdo con Conant, y siento que el estudio de la historia de una área del conocimiento es la mejor forma de adquirir una comprensión amplia de sus conceptos. Solamente si se comprenden los caminos por los que estos conceptos fueron desarrollándose —al aprender todos los supuestos equivocados del pasado que tuvieron que ser refutados uno por uno, en otras palabras, aprendiendo todos los errores pasados— uno puede tener la esperanza de adquirir una comprensión profunda y verdadera de estos conceptos. En la ciencia, uno aprende no sólo de sus propios errores sino también de la historia de los errores de otros.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Balme, D. M. (1980), "Aristotle's Biology was not Essentialist", *Archiv fur Geschichte der Philosophie* 62(1), pp. 1-12.
- Butterfield, H. (1931), *The Whigg Interpretation of History*, Londres, Bell. (1965, Nueva York, Norton Library.)
- (1957), *The Origins of Modern Science, 1300-1800*, Londres, Bell. (1965, Nueva York, Free Press.)
- Collingwood, R. G. (1939), *An Autobiography*, Oxford, Oxford University Press.
- Crombie, A. C. (1965), *Scientific Change: Historical Studies in the Intellectual, Social, and Technical Conditions for Scientific Discovery and Technical Invention, from Antiquity to the Present*, Londres, Heinemann.
- Glick, T. F. (comp.) (1974), *The Comparative Reception of Darwinism*, Austin y Londres, University of Texas Press.
- Hodge, M. J. S. (1974), "Darwinism in England", en *Glick*, pp. 3-31, 32-80.
- Koyré, A. (1965), "Commentaries", en *Crombie*, p. 856.
- Kuhn, T. (1971), "The Relations Between History and History of Science", *Daedalus*, primavera, pp. 271-304.
- Laudan, L. (1968), "Theories of Scientific Method from Plato to Mach", *Hist. Sci.*, 7, pp. 1-63.
- Mayr E., y W. Provine (comps.) (1980), *The Evolutionary Synthesis*, Cambridge, Harvard University Press.
- Merton, R. K. (1938), "Science, Technology and Society in Seventeenth Century in England", *Osiris* 4, pp. 360-632.
- Merz, J. T. (1896-1914), *A History of European Thought in the Nineteenth Century*, 4 vols. Londres.
- Nordenskiöld, E. (1928), *The History of Biology*, Nueva York, A. A. Knopf (traducción de la edición sueca, 1920-1924).
- Passmore, J. A. (1965), "Comments on Historical Assumptions of the History of Science", en *Crombie* (1965), pp. 853-861.

- Radl, E. (1907-1908), *Geschichte der Biologischen Theorien in der Neuzeit*, 2 vols., Leipzig, Engelmann (edición revisada, 1913).
- Schuster, J. (1911), *The Progress of Physics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Schweber, S. (1977), "The Origin of the Origin Revisited", *J. Hist. Biol.*, 10, pp. 229-316.

## IV. CAUSA Y EFECTO EN BIOLOGÍA

E. MAYR

COMO BIÓLOGO siento que no puedo pretender hacer el mismo tipo de análisis de causa y efecto en los fenómenos biológicos que el que podría efectuar un lógico. En vez de ello, me gustaría concentrarme en las dificultades especiales presentadas por el concepto clásico de causalidad en biología. Desde los primeros intentos por alcanzar un concepto unitario de causa, el estudio de la causalidad se ha visto enredado en tales dificultades. La interpretación altamente mecanicista que hiciera Descartes de la vida y la lógica extrema con la que sus ideas fueron utilizadas por Holbach y de la Mettrie, inevitablemente provocan una reacción que lleva a las teorías vitalistas, las cuales, hasta la fecha, unas veces han estado en boga y otras han sido muy rebatidas. Sólo debo nombrar personajes como Driesch (*entelequia*), Bergson (*élan vital*), y Lecomte du Noüy, entre los autores más prominentes del pasado reciente. Aunque estos autores difieren en datos particulares, todos están de acuerdo en que los seres vivos y los procesos de la vida no pueden ser explicados causalmente en términos de los fenómenos físicos y químicos. Es nuestra responsabilidad preguntarnos si esta aseveración es justificada; y si respondemos a esta pregunta negativamente, determinar el origen de este error.

La causalidad, sin importar cómo se defina en términos lógicos, se piensa que contiene tres elementos: 1) una explicación de los sucesos del pasado ("causalidad *a posteriori*"); 2) predicción de hechos futuros; y 3) interpretación de fenómenos teleológicos (esto es, "dirigidos a una meta").

Los tres aspectos de la causalidad (explicación, predicción y teleología) deben ser tratados como puntos cardinales en cualquier discusión sobre la causalidad. Fueron correctamente señalados como tales por Nagel (1961). La biología hace una contribución muy significativa a cada uno de ellos. Antes de discutir esta contribución en detalle debo decir algunas cosas acerca de la biología como ciencia.

### DOS CAMPOS

La palabra *biología* sugiere una ciencia uniforme y unificada. Sin embargo, estudios recientes han hecho cada vez más claro que la biología

es una área muy compleja, y que la palabra *biología* es una etiqueta para dos campos muy separados que difieren enormemente en metodología, *Fragestellung*, y conceptos básicos. Tan pronto como uno va más allá de la pura descripción estructural de la biología, uno se encuentra con dos áreas muy diferentes, que pueden ser llamadas biología funcional y biología evolutiva. Los dos campos tienen, naturalmente, muchos puntos de contacto y traslape. Cualquier biólogo que trabaje en cualquiera de estos dos campos debe tener conocimiento y apreciación del otro campo si no quiere ser considerado un especialista de criterio estrecho. Además, en su propia investigación se ocupará de problemas tanto de uno como del otro campo. No podemos discutir causa y efecto en biología sin definir primero estos dos campos.

### *Biología funcional*

La biología funcional está relacionada con la operación e interacción de elementos estructurales, desde moléculas hasta órganos e individuos completos. La pregunta que siempre se repite es "¿cómo?" ¿Cómo funciona algo?, ¿cómo se dirige su funcionamiento? El anatomista funcional que estudia una articulación comparte esta aproximación y método con el biólogo molecular que estudia la función de la molécula de ADN en la transferencia de la información genética. El biólogo funcional intenta aislar el componente particular que estudia, y en un momento dado de su estudio, trata con un solo individuo, o un solo órgano, o una sola célula o una parte de la célula. Intenta eliminar o al menos controlar todas las variables, y repite su experimento en condiciones variables y constantes hasta que se convence de que ha aclarado la función del elemento que estudia.

La técnica principal del biólogo funcional es el experimento, y su aproximación es esencialmente la misma que la del físico o la del químico. De hecho, si aísla suficientemente el fenómeno estudiado de las complejidades del organismo, puede alcanzar el ideal de un experimento en física o en química. A pesar de ciertas limitaciones de este método, debemos reconocer que dicha aproximación simplificada es absolutamente necesaria para que el biólogo funcional logre sus objetivos particulares. El éxito espectacular de la investigación bioquímica y biofísica justifica esta aproximación directa, aunque fuertemente simplista.

*Biología evolutiva*

El biólogo evolutivo difiere del anterior en método y en los problemas que le interesan. La pregunta básica que se hace es "¿por qué?" Siempre que nos preguntamos "¿por qué?" debemos de estar conscientes de la ambigüedad de la pregunta. Puede querer decir "¿cómo fue?" pero también puede tener el significado finalista de "¿para qué?". Cuando el evolucionista se pregunta "¿por qué?" siempre tiene en mente el histórico "¿cómo fue?". Cada organismo, como un individuo y como miembro de una especie, es el producto de una larga historia, una historia que se remonta a más de 3000 millones de años. Como dijo Max Delbrück (1949) "Un físico maduro que se encuentra por primera vez con los problemas de la biología, seguramente se verá confundido por la circunstancia de que no existen "fenómenos absolutos" en biología. Todo está ligado al tiempo y al espacio. El animal o planta o microorganismo con el que trabaja no es más que un eslabón en la cadena evolucionista del cambio de formas, y ninguno de esos eslabones tiene ninguna validez permanente. No hay casi ninguna estructura o función en un organismo que pueda ser entendido completamente a menos de que se estudie tomando en cuenta su entorno histórico. La preocupación principal del biólogo evolutivo es encontrar las causas de las características existentes en los organismos y en particular las adaptaciones que los organismos han sufrido a través del tiempo. El biólogo evolutivo está maravillado con la enorme diversidad del mundo orgánico. Por eso se interesa por conocer las razones de la existencia, así como el camino por el cual se logró esta diversidad. Estudia las fuerzas que producen los cambios en la fauna y la flora (en parte documentada por la paleontología), y estudia los pasos por los cuales las adaptaciones milagrosas tan características del mundo orgánico, han ido evolucionando.

Podemos usar el lenguaje de la teoría de la información para intentar otra forma de diferenciar estos dos campos de la biología. El biólogo funcional trata con todos los aspectos de la decodificación de la información programada que contiene el ADN del cigoto ya fertilizado. El biólogo evolutivo, por otro lado, se interesa en la historia de estos programas de información y en las leyes que controlan los cambios de estos programas de generación en generación. En otras palabras, se interesa en las causas de estos cambios.

No hay que tener un concepto equivocado de estos programas. Una de sus características es que la programación es sólo parcialmente rígida. Fenómenos como el aprendizaje, la memoria, las modificaciones estructurales no genéticas y la regeneración muestran qué tan "abiertos" son los programas. Sin embargo, aun en estos fenómenos hay una gran es-

pecificidad, por ejemplo con respecto a lo que puede ser “aprendido”, en qué etapa del ciclo de vida sucede el “aprendizaje”, y qué tanto tiempo se retiene un circuito de memoria. El programa, entonces, puede ser en parte inespecífico, pero el rango de la posible variación está incluido en las especificaciones del programa. Los programas, por tanto, son en algunos aspectos altamente específicos; en otros especifican solamente “normas de reacción” o capacidades y potencialidades generales.

Déjenme ilustrar esta dualidad de los programas usando como ejemplo la diferencia entre dos tipos de aves con respecto a “reconocimiento de especies”. El joven *cowbird* es criado por padres adoptivos —por ejemplo, en el nido de un gorrión cantador o curruca—. En cuanto se vuelve independiente de sus padres adoptivos, busca la compañía de otros jóvenes *cowbirds*, aun cuando quizá nunca haya visto a otro *cowbird*. En contraste, después de que se abre el huevo, el pequeño ganzo aceptará como su padre al primer objeto que se mueva (y de preferencia que también emita un llamado) y que pueda seguirlo, por lo que se convertirá en su impronta. Lo que está programado en el primer caso es un *gestalt* definitivo, en el segundo caso, la mera capacidad de improntarse a un *gestalt*. Hay diferencias similares en la especificidad del programa heredado y éstas son universales en todo el mundo orgánico.

#### EL PROBLEMA DE LA CAUSALIDAD

Regresemos ahora a nuestro tema principal y preguntémonos: ¿Será lo mismo la causalidad en biología funcional y en biología evolutiva?

Max Delbrück (1949), de nuevo nos recuerda que en 1870 Helmholtz postuló “que el comportamiento de las células vivas debería ser tomado en cuenta en términos de movimiento de moléculas actuando bajo ciertas leyes de fuerza fijas”. Ahora bien, como dice correctamente Delbrück, no podemos ni siquiera explicar el comportamiento de un sólo átomo de hidrógeno. También él dice, “cualquier célula viva trae consigo las experiencias acumuladas de billones de años de experimentación de sus ancestros”.

Déjenme ilustrarlos con respecto a las dificultades del concepto de causalidad en biología a través de un ejemplo. Preguntémonos: ¿Cuál es la causa de la migración de los pájaros? O aún más específicamente: ¿Por qué el curruca (*warbler*), que estaba en mi casa de verano en New Hampshire, comenzó su migración hacia el sur en la noche del 25 de agosto? Puedo enlistar cuatro causas, igualmente legítimas, para su migración:

1) *Una causa ecológica*. El curruca (*warbler*), que es un ave insectívo-



ra, debe migrar porque si pasa el invierno en New Hampshire morirá de hambre.

2) *Una causa genética.* El curruca (*warbler*) en el curso de la historia evolutiva de su especie ha adquirido una constitución genética que lo induce a responder apropiadamente a un determinado cambio de estímulos del ambiente. Por otro lado, el búho que anida al lado del curruca (*warbler*) carece de esta constitución y por tanto no puede responder igualmente a estos estímulos. El búho resulta ser, por lo tanto, sedentario.

3) *Una causa fisiológica intrínseca.* El curruca (*warbler*) vuela hacia el sur porque su migración está relacionada con la fotoperiodicidad. Responde al decremento de la longitud del día; y está listo para migrar tan pronto como el número de horas de luz en el día baja de un cierto nivel.

4) *Una causa fisiológica extrínseca.* Finalmente, el curruca migró el 25 de agosto porque una masa de aire frío con vientos del norte pasó sobre nuestra zona ese día. La baja repentina de temperatura y las condiciones climatológicas asociadas a ella afectaron al ave que estaba ya en un estado fisiológico general dispuesto para la migración, de tal manera que despegó ese día en particular.

Ahora bien, si observamos los cuatro tipos de causas de la migración de este tipo de ave una vez más, podemos darnos cuenta que hay un grupo inmediato de causas de la migración que consisten en las condiciones fisiológicas del ave interactuando con la fotoperiodicidad y el descenso de la temperatura. Podemos llamar a éstas las causas *próximas* de la migración. Las otras dos causas, la falta de alimento durante el invierno y la disposición genética del ave son las causas *últimas*. Hay causas que tienen una historia y que han sido incorporadas al sistema a través de muchos miles de generaciones de selección natural. Es evidente que a los biólogos funcionales les concierne analizar las causas próximas, mientras que a los biólogos evolutivos les interesa el análisis de las causas últimas. Esto sucede con casi todos los fenómenos biológicos que querramos estudiar. Siempre hay un grupo de causas próximas y un grupo de causas últimas; ambos tienen que ser explicados e interpretados para comprender completamente un fenómeno dado.

Otra manera de expresar estas diferencias sería decir que las causas próximas gobiernan las respuestas de los individuos (y sus órganos) a factores inmediatos del ambiente, mientras que las causas últimas son responsables de la evolución del programa de información del ADN, con el cual están dotados todos los individuos de todas las especies. Presumo que para el lógico estas diferencias no tienen mucha importancia. Sin embargo, el biólogo sabe que ha habido muchas discusiones acaloradas acerca de la "causa" de un cierto fenómeno biológico que podrían haberse evitado si los dos oponentes se hubieran dado cuenta que uno

de ellos estaba interesado en las causas próximas y el otro en las causas últimas. Este argumento podría ser ilustrado con una cita de Loeb (1916):

Los primeros escritores explicaban el crecimiento de piernas en el renacuajo de la rana o sapo como un caso de adaptación a la vida en la tierra. Nosotros sabemos a través de Gudernatsch que el hecho de que le crezcan piernas a los renacuajos puede ser producido en cualquier momento, aún en los renacuajos más jóvenes que no pueden vivir en la tierra, al darles de comer glándula tiroideas.

Regresemos ahora a la definición de "causa" en la filosofía formal, y analicemos qué tan bien se adapta a la explicación común de "causa" en biología funcional y evolutiva. Podríamos definir causa, por ejemplo, como una condición no suficiente, pero sin la cual un hecho no hubiera sucedido, o como un miembro de un conjunto de razones suficientes sin las cuales el hecho no hubiera sucedido. Definiciones como ésta describen relaciones causales más o menos adecuadamente en ciertas ramas de la biología, particularmente en las que tratan con fenómenos químicos o físicos. En un sentido estrictamente formal, son también aplicables a fenómenos más complejos, y sin embargo parece que tienen poco valor operacional en aquellas ramas de la biología que tratan con sistemas complejos. Yo dudo que exista un científico que cuestione las causas últimas de todos los fenómenos biológicos —quiero decir, que una explicación causal pueda ser articulada para sucesos biológicos pasados—. Sin embargo, ese valor explicativo frecuentemente tendrá que ser tan inespecífico y puramente formal que su valor explicativo ciertamente puede ser cuestionado. Al tratar sistemas complejos, una explicación difícilmente puede considerarse muy ilustrativa si afirma lo siguiente: "El fenómeno A es causado por un grupo complejo de factores interactuando; uno de los cuales es *b*". Frecuentemente esto es lo único que se puede decir. Tendremos que retomar más adelante este problema y relacionarlo con el problema de la predicción. Como quiera que sea, hay que considerar primero el problema de la teleología.

#### EL PROBLEMA DE LA TELEOLOGÍA

No existe ninguna discusión de la causalidad que se considere completa si no va unida al problema de la teleología. Este problema comenzó con la clasificación de las causas por Aristóteles, una de cuyas categorías era la causa "final". Esta categoría está basada en la observación del desarrollo ordenado y determinista del individuo desde el estado de huevo

hasta el estado "final" de adulto. La causa final se ha definido como "la causa responsable del logro ordenado de una meta final preconcebida." Todo comportamiento que busca una meta ha sido clasificado como "teleológico", pero también tiene muchos otros fenómenos que no son necesariamente del tipo que están dirigidos a una meta.

Los estudiosos de Aristóteles han enfatizado de manera correcta que Aristóteles —por interés y por entrenamiento— fue, en primer lugar y antes que nada, un biólogo, y que su preocupación por los fenómenos biológicos fue la que dominó sus ideas acerca de las causas, y la que le indujo a postular las causas finales además de las causas materiales, formales y eficientes. Los pensadores desde Aristóteles a la fecha se han visto desafiados por la aparente contradicción entre una interpretación mecanicista de los procesos naturales y la aparente secuencia determinista de los eventos en el crecimiento, la reproducción y el comportamiento animal. Un pensador tan racional como Bernard (1885) ha planteado la paradoja con estas palabras.

Existe, por así decirlo, un diseño preestablecido de cada ser y de cada órgano de un tipo tal, que cada fenómeno por sí mismo depende de fuerzas generales de la naturaleza, pero que cuando se considera en relación con las otras parece estar dirigido por algún guía invisible en el camino que éste sigue y que lo dirige hacia el lugar que debe ocupar.

Admitimos que los fenómenos de la vida están relacionados con manifestaciones fisicoquímicas, pero también es cierto que lo esencial no se explica con esto; ya que no hay fenómenos fisicoquímicos que se junten fortuitamente y construyan a cada organismo con un plan y un diseño fijo (que se prevean con anterioridad) y hagan surgir la subordinación admirable y el acuerdo armonioso de los actos de la vida [...]. El determinismo nunca puede ser [otra cosa] sino determinismo fisicoquímico. La fuerza vital y la vida pertenecen al mundo de la metafísica.

¿Qué es la  $x$ , ese agente aparentemente determinista, esa "fuerza vital", en los fenómenos orgánicos? Solamente hasta estas últimas décadas se han propuesto explicaciones que pueden enfrentar adecuadamente esta paradoja.

Las diferentes filosofías dualistas, finalistas y vitalistas del pasado solamente reemplazaban esa incógnita  $x$  por una incógnita diferente,  $y$  o  $z$ , pues nombrar al factor desconocido *entelequia* o *élan vital*, no es una explicación. No voy a desperdiciar tiempo en mostrar cuan equivocados estuvieron la mayoría de esos intentos. Aun cuando algunas de las observaciones que están en la base de estos esquemas conceptuales son correctas, las conclusiones supernaturales sacadas de tales observaciones están completamente desencaminadas.

¿Entonces, cuándo es legítimo hablar de propósito y direccionalidad en la naturaleza, y cuándo no? Ahora podemos dar una respuesta firme y precisa a esta pregunta. Un individuo que —usando el lenguaje de las computadoras— ha sido “programado” puede actuar con un propósito. Los procesos históricos, sin embargo, *no pueden* actuar de acuerdo con un propósito. Un ave que comienza su migración, un insecto que selecciona su planta huésped, un animal que evade al predador, un macho que se pavonea frente a la hembra —todos actúan con un propósito porque han sido programados para ello—. Cuando hablo de un “individuo” programado, lo hago en un sentido amplio. Una computadora programada por sí misma es un “individuo” en este sentido, pero también lo es, durante la reproducción, un par de aves cuyas acciones e interacciones instintivas y aprendidas obedecen, por así decirlo, a un solo programa.

El programa del ADN de cada cigoto (la célula huevo fertilizada) —completamente individual pero a la vez, específica de la especie—, que controla el desarrollo del sistema nervioso central y periférico, de los órganos de los sentidos, de las hormonas, de la fisiología y morfología, es el *programa* para el funcionamiento computarizado de este individuo.

La selección natural hace su mejor esfuerzo para favorecer la producción de programas que garanticen el comportamiento que aumente la adecuación. Un programa que garantiza una reacción correcta e instantánea hacia una fuente potencial de alimento, hacia un posible enemigo o hacia una pareja potencial seguramente otorgará una mayor adecuación, en el sentido darwinista, que un programa que carezca de estas propiedades. Un programa de comportamiento que permita un aprendizaje apropiado y un mejoramiento de las reacciones de conducta a través de varios tipos de retroalimentación, proporciona una mayor posibilidad de supervivencia de la que puede proporcionar un programa que carece de estas propiedades.

La acción de un individuo dirigida a un fin, en la medida que se basa en las propiedades del código genético, no es ni más ni menos dirigida que las acciones de una computadora que ha sido programada para responder apropiadamente a varios estímulos. Si puedo decirlo de esta manera, es una direccionalidad meramente mecanicista.

Nosotros los biólogos desde hace tiempo sentimos que es muy ambiguo designar a ese comportamiento programado, dirigido hacia una meta, como “teleológico”, dado que la palabra teleológico también ha sido usada en un sentido muy diferente; ha sido usada para designar el estado final de procesos de adaptación evolutiva.

Mientras que el desarrollo o el comportamiento de un individuo tienen un propósito; la selección natural definitivamente no lo tiene. Cuando MacLeod (1957) estableció que, “lo que es más desafiante acerca de

Darwin, es la reintroducción del propósito en el mundo natural", escogió la palabra equivocada. La palabra *propósito* es especialmente inaplicable al cambio evolutivo, que después de todo, es en lo que Darwin estaba trabajando. Si un organismo está bien adaptado, si muestra una adecuación superior, no es debido a ningún propósito de sus antepasados o a algún agente exterior tal como la "Naturaleza" o "Dios" que creó un diseño o un plan superior. Darwin "ha expulsado esa teleología finalista por la puerta delantera", como dijo correctamente Simpson (1969).

Podemos resumir esta discusión diciendo que no existe ningún conflicto entre la causalidad y la teleonomía, pero que el biólogo como científico no ha encontrado ninguna prueba que apoye la teleología en el sentido de las varias teorías vitalistas o finalistas (Simpson, 1960, 1950; Koch, 1957). Todos los sistemas teleológicos que Nagel discute (1961) son de hecho ilustraciones de teleonomía.

#### EL PROBLEMA DE LA PREDICCIÓN

El tercer gran problema de la causalidad en biología es el de la predicción. En la teoría clásica de la causalidad la piedra angular que decidía si una explicación causal era correcta o no, era su valor predictivo. Este punto de vista todavía es mantenido en la teoría clásica moderna de Bunge (1959): "Una teoría puede predecir en la medida en que pueda describir y explicar". Es evidente que Bunge es un físico; ningún biólogo habría formulado esa proposición. La teoría de la selección natural puede describir y explicar fenómenos con una precisión considerable, pero no puede hacer predicciones confiables excepto por medio de oraciones triviales y circulares tales como: "Entre más adaptados estén los individuos podrán dejar en promedio, más descendencia". Scriven (1959) ha subrayado correctamente que una de las contribuciones más importantes a la filosofía hechas por la teoría de la evolución, es que ha demostrado la independencia de la explicación y la predicción.<sup>1</sup>

Aun cuando la predicción no es una compañera indispensable de la causalidad, todos los científicos se alegran si sus explicaciones causales tienen simultáneamente un alto valor predictivo. Se pueden distinguir muchas categorías de predicción en las explicaciones biológicas. De hecho, todavía es muy dudosa la manera de definir predicción en biología. Un zoogeógrafo competente puede predecir con mucha precisión qué

<sup>1</sup> Varios filósofos han publicado refutaciones similares a los argumentos de Scriven. Sin duda mi visión sobre la predicción en esa época era un tanto simplista. Desde entonces las he revisado profundamente (Mayr, 1982, pp. 5759). Los problemas filosóficos de la predicción han sido bien planteados por Grunbaum (1963, pp. 114-149).

animales se encontrarán en una cordillera o en una isla inexploradas. También un paleontólogo puede predecir con una alta probabilidad qué clase de fósiles puede encontrar en un horizonte geológico de reciente acceso. La pregunta es: ¿Se trata de una predicción genuina el adivinar correctamente el resultado de sucesos pasados? Como se discute en el siguiente párrafo, una duda similar es atributo de las predicciones taxonómicas. El término predicción se usa, sin embargo, legítimamente para sucesos futuros. Déjenme darles cuatro ejemplos para ilustrar el rango de predictibilidad.

1) *La predicción en la clasificación.* Si he identificado a una mosca de la fruta como un individuo de *Drosophila melanogaster* con base en el patrón de las cerdas y las proporciones de la cara y los ojos, entonces puedo "predecir" numerosas características estructurales y de comportamiento que encontraré si estudio otros aspectos del individuo. Si encuentro nuevas especies con la clave de diagnóstico de las características del género *Drosophila*, entonces puedo "predecir" inmediatamente un grupo completo de propiedades biológicas.

2) *La predicción de la mayoría de los fenómenos fisicoquímicos a nivel molecular.* Se pueden hacer predicciones de gran exactitud con respecto a la mayoría de los procesos bioquímicos unitarios en los organismos, tales como los caminos metabólicos, y con respecto a los fenómenos biofísicos en sistemas simples, tales como la acción de la luz, el calor, y la electricidad en la fisiología.

En los ejemplos 1 y 2 el valor predictivo de los enunciados causales es frecuentemente muy alto. Sin embargo, hay un gran número de otras generalizaciones o enunciados causales en biología que tienen un bajo valor predictivo. Los siguientes ejemplos son de ese tipo.

3) *Predicción del resultado de interacciones ecológicas complejas.* El enunciado "Un pastizal abandonado en el sur de Nueva Inglaterra será reemplazado por un grupo de abedules (*Betula populifolia*) y de pinos blancos (*Pinus strobus*)" frecuentemente es correcto. Sin embargo con mayor frecuencia, el reemplazo puede ser casi solamente de *P. strobus*, o *P. strobus* puede no presentarse y en su lugar presentarse el cerezo (*Prunus*), el cedro rojo (*Juniperus virginianus*), el arce, el zumaque y varias otras especies.

Otro ejemplo que también ilustra esta falta de predictibilidad es el siguiente: Cuando dos especies de escarabajos terrestres (*Tribolium confusum* y *T. castaneum*) se colocan en un ambiente uniforme (harina de trigo cernida), una de las dos especies siempre desplaza a la otra. A altas temperaturas y alta humedad, *T. castaneum* es la que prolifera; a bajas temperaturas y poca humedad, *T. confusum* resulta victoriosa. En condiciones intermedias el resultado es indeterminado y por tanto impredecible (Park, 1954).

4) *Predicción de sucesos evolutivos.* Probablemente no hay nada en biología que sea menos predecible que el curso de la evolución a futuro. Si se analiza el caso de los reptiles del Pérmico, nadie habría podido predecir que la mayoría de los grupos florecientes se extinguirían (muchos muy rápidamente), y que una de las ramas menos conspicuas daría lugar a los mamíferos. ¿Qué estudioso de la fauna del Cámbrico habría podido predecir los cambios revolucionarios que tuvieron lugar en la vida marina en las subsecuentes eras geológicas? La evolución a escalas menores también es impredecible. Los estudiosos de la selección natural y las personas que se dedican a cultivar animales o plantas han descubierto una y otra vez las líneas paralelas independientes que al exponerse a la misma presión de selección responden con diferentes efectos correlativos y a diferentes tasas, ninguna de las cuales es predecible.

Como sucede en otras ramas de la ciencia (a excepción de algunos procesos químicos o físicos), la validez de las predicciones en los fenómenos biológicos casi siempre es estadística. Podemos predecir con una gran precisión, que de los próximos 1,000 nacimientos un poco más de 500 serán niños. Sin embargo, no podemos predecir el sexo de un niño en particular antes de su concepción.

#### RAZONES PARA LA INDETERMINACIÓN EN BIOLOGÍA

Sin pretender analizar exhaustivamente todas las posibles razones para la indeterminación, puedo enlistar cuatro posibles clases. Aún cuando se traslapan una con otra, cada una debe tratarse por separado.

1) El azar de un hecho con respecto a su significado. Esta causa de indeterminación se ilustra muy bien con las mutaciones espontáneas causadas por un "error" en la replicación del ADN. La ocurrencia de una mutación dada no está de ninguna manera relacionada con las necesidades evolutivas de un organismo en particular, o de la población a la que pertenece. Los resultados precisos de una presión de selección dada son impredecibles debido a que las mutaciones, recombinaciones y desarrollo homeostático producen contribuciones no determinadas para responder a esta presión. Todos los pasos en la determinación del contenido genético de un cigoto incluyen un gran componente de este tipo de eventualidad azarosa. Lo que hemos descrito para las mutaciones es también válido para el entrecruzamiento, la segregación de cromosomas, la selección de gametos, la selección de pareja y la supervivencia temprana del cigoto. Ni los fenómenos moleculares ni los mecanismos responsables de esta eventualidad azarosa están relacionados con los efectos biológicos.

2) La singularidad de todas las entidades en los altos niveles de integración biológica. Una de las diferencias entre las ciencias físicas y la biología radica en la singularidad de las entidades y fenómenos biológicos. Tanto los físicos como los químicos tienen dificultad en entender la importancia que el biólogo le otorga a la singularidad, aunque los avances en la física moderna han contribuido a ayudar al físico a comprender este concepto. Si el físico dice que "el hielo flota en el agua", su enunciado es cierto para todo pedazo de hielo y todo tipo de agua. Los miembros de una clase carecen de la individualidad característica del mundo orgánico; en donde cada individuo es único, cada etapa del ciclo de vida es única; cada población es única; cada especie y categoría superior en la escala taxonómica es única; cada contacto interindividual es único; y cada hecho evolutivo es único. Cuando estos enunciados se aplican a los seres humanos, su validez es evidente. Sin embargo, son igualmente válidos para todo animal o planta que se reproduzca sexualmente. La singularidad, por supuesto, no excluye por completo la predicción. Podemos formular muchos enunciados válidos acerca de los atributos y el comportamiento del hombre y lo mismo es cierto para otros organismos. Pero la mayoría de estos enunciados (excepto aquellos que se refieren a la taxonomía) tienen un valor puramente estadístico. La singularidad es una característica especial de la biología evolucionista. Es casi imposible tener leyes generales para los fenómenos singulares del tipo de aquellas que existen en la mecánica clásica.

3) Complejidad extrema. El físico Elsasser afirmó en un simposio reciente lo siguiente: "La característica más sobresaliente de todos los organismos es su casi ilimitada complejidad estructural y dinámica". Esto es cierto. Cada organismo está lleno de retroalimentaciones, dispositivos homeostáticos, y múltiples caminos potenciales; tantos que sería imposible una descripción completa de ellos. Aún más, el análisis de un sistema así requeriría su destrucción y por tanto sería inútil.

4) La emergencia de nuevas cualidades a altos niveles de integración. Sería ir demasiado lejos discutir en este contexto el espinoso problema de la "emergencia". Todo lo que puedo hacer aquí es enunciar su fundamento de manera dogmática. "Cuando dos entidades se combinan en un alto nivel de integración, no todas las propiedades de la nueva entidad son lógicas o necesariamente predecibles como una consecuencia de las propiedades de sus componentes." Este problema de ninguna manera se encuentra confinado a la biología, pero ciertamente es uno de los orígenes de la indeterminación en biología. Hay que recordar que la indeterminación no significa falta de una causa, sino meramente impredecibilidad.

Las cuatro causas de la indeterminación, tanto individual como combinada, reducen la precisión de la posible predicción.



En este punto uno puede hacerse la pregunta de si la predictibilidad en la mecánica clásica y la impredictibilidad en la biología se deben a una diferencia de grado o de tipo. Hay bastantes pruebas que sugiere que la diferencia es, en una parte considerable, un problema puramente de grado. La mecánica clásica está, por así decirlo, en un extremo de un espectro continuo, y la biología en el otro. Tomemos como ejemplo las leyes tradicionales de los gases. Esencialmente sólo son verdaderas estadísticamente, pero la población de las moléculas en un gas que obedece las leyes de los gases es tan grande que la acción individual de las moléculas puede integrarse a un resultado —que pudiera decirse “absolutamente”— predecible. Muestras de 5 o 20 moléculas podrían mostrar una definida individualidad. La diferencia está en el tamaño de la “población” estudiada, que ciertamente contribuye a la diferencia entre las ciencias físicas y la biología.

### CONCLUSIONES

Regresemos ahora a nuestra pregunta inicial y tratemos de resumir algunas de nuestras conclusiones sobre la naturaleza de las relaciones causa-efecto en biología.

1) La causalidad en biología es muy diferente de la causalidad en la mecánica clásica.

2) Las explicaciones de todos los fenómenos biológicos excepto los más simples, comúnmente consisten en conjuntos de causas. Esta afirmación es particularmente verdadera para todos los fenómenos biológicos que sólo se pueden comprender si se toma en consideración su historia evolutiva. Cada conjunto es como un par de paréntesis que contienen mucha información aún sin analizar, y mucha información que presumiblemente nunca se podrá analizar completamente.

3) Considerando el gran número y multiplicidad de caminos posibles para la mayoría de los procesos biológicos (excepto de los puramente fisicoquímicos) y en vista de lo azaroso de muchos de los procesos biológicos, especialmente a nivel molecular (así como por otras razones), la causalidad en los sistemas biológicos no es predictiva, o en el mejor de los casos es predictiva sólo estadísticamente.

4) La existencia de programas complejos de información en el ADN del plasma germinal permite la direccionalidad teleonómica. Por otro lado, la investigación acerca de la evolución no ha encontrado prueba de líneas evolutivas que “busquen una meta”, a diferencia de lo que se postula en ese tipo de teleología, la cual sugiere observar “diseño y planeación” en la naturaleza. La armonía del universo viviente, en la medida en la que existe, es un producto *a posteriori* de la selección natural.

Finalmente, la causalidad en biología no está realmente en conflicto con la causalidad en la mecánica clásica. Como ha demostrado un físico moderno, la causalidad de la mecánica clásica es solamente un caso especial y muy simple de la causalidad. La predictibilidad, por ejemplo, no es necesariamente un componente de la causalidad. La complejidad de la causalidad en biología no justifica abrazar ideologías no científicas, tales como el vitalismo o el finalismo, pero debería estimular a todas aquellas personas que han tratado de sentar unas bases más amplias para el concepto de causalidad.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Bernard, C. (1885), *Leçons sur le phenomenes de la vie*, vol. 1.
- Bunge, M. (1959), *Causality*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Delbruck, M. (1949), "A Physicist Looks at Biology", *Trans. Conn. Acad. Arts. Sci.* 33, pp. 173-190.
- Grunbaum, A. (1963), *Induction: Some Current Issues*, Wesleyan University Press, Middletown, Conn.
- Huxley, J. (1960), "The Openbill's Open Bill: a Teleonomic Enquiry", *Zool. Jabrb. Abt. Anat. u. Ontog. Tiere.* 88, pp. 9-30.
- Koch, L.F. (1957), "Vitalistic Mechanistic Controversy", *Sci. Monthly* 85(5), pp. 245-255.
- Loeb, J. (1916), *The Organism as a Whole*, Putnam, Nueva York.
- MacLeod, R.B. (1957), "Teleology and Theory of Human Behavior", *Science* 125, pp. 477-480.
- Mayr, E. (1982), *The Growth of Biological Thought*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Nagel, E. (1961), *The Structure of Science*, Harcourt, Brace and World, Nueva York.
- Park, T. (1954), "Experimental Studies of Interspecies Competition II", *Physiol. Zool.* 27, pp. 177-238.
- Pittendrigh, C.S. (1958), "Adaptation, Natural Selection, and Behavior", en A. Roe and G.G. Simpson (comps.), *Behavior and Evolution*, pp. 390-416, Yale University Press, New Haven.
- Scriven, M. (1959), "Explanation and Prediction in Evolutionary Theory", *Science* 130, pp. 477-482.
- Simpson, G.G. (1950), "Evolutionary Determinism and the Fossil Record", *Sci. Monthly* 71(4), pp. 262-267.
- (1960), "The World into Which Darwin Led Us", *Science* 131, pp. 966-974.

## V. LAS BASES DEL CONFLICTO EN LA EXPLICACIÓN BIOLÓGICA

RICHARD C. LEWONTIN

CREO QUE una buena parte del problema de la explicación biológica es sociológica más que filosófica, ya que el renovado interés en este tema es un resultado del nacimiento de un grupo de biólogos conscientes de sí mismos y autodefinidos, quienes se hacen llamar biólogos moleculares. Este grupo siente, y declara explícitamente, que la razón por la que la explicación biológica se encuentra en tan mal estado, es porque los biólogos, en general, no han hecho el tipo correcto de preguntas y no han utilizado los métodos debidos. Se ha establecido una especie de dialéctica de lo molecular contra lo evolutivo, de lo molecular contra lo orgánico, de lo reduccionista como opuesto a las teorías sintéticas de la biología, una dialéctica que es bastante falsa. Me gustaría distinguir, desde el punto de vista de los biólogos, en qué parte este conflicto es real y en dónde es simplemente la consecuencia sociológica de la excitación que algunas personas tienen acerca de lo que hacen.

Existe primeramente el conflicto falso, el cual es realmente de *intereses*. La dificultad se ha originado en el contexto del lenguaje diario porque las dos clases de biólogos han hecho lo que parecía ser la misma pregunta en la misma manera, pero realmente han estado haciendo preguntas distintas. Todos han utilizado la palabra "cómo", pero hay una confusión entre causación final y causación eficiente, una confusión que debe permitirseles a los biólogos porque la mayoría de ellos nunca ha escuchado acerca de Aristóteles y los que han escuchado de él, nunca lo han leído. La confusión entre la causación final y la eficiente entre los biólogos está contenida en el siguiente ejemplo: ¿Por qué la proporción sexual en *Drosophila* es 1:1? Ésta es una pregunta típica del biólogo, no obstante, en realidad son dos preguntas distintas, aunque están expresadas como una sola. "¿Por qué la proporción sexual es 1:1?" Yo puedo dar una respuesta perfectamente satisfactoria a esta pregunta argumentando las leyes de la genética; argumentando la mecánica cromosómica, las cuales por sí mismas son evidentemente reducibles a términos físico-químicos, aunque esto aún no ha sido propiamente hecho; reduciendo la explicación a series de enunciados acerca de la química de las células y acerca de la naturaleza química de los genes. Esto es, puedo contestar

a esta interrogante hablando sobre la formación de los gametos y de cómo el sexo está determinado por los cromosomas. Para el biólogo molecular, ésta es la respuesta de interés a la pregunta "¿Por qué la proporción sexual es 1:1?" Para el biólogo molecular una respuesta que no está concebida en esos términos no es muy atractiva; no dice lo que uno debería decir acerca del mundo.

Hay una respuesta distinta a la pregunta "¿Por qué la proporción sexual es 1:1?", y ésta es explicar por qué en *Drosophila* es 1:1, pero 1:2 en *Habrobracon*. Aquí, no estamos interesados en el problema del mecanismo de la determinación de la proporción sexual en particular de un organismo en especial, más bien, en preguntar por qué entre dos organismos hay una diferencia en su proporción sexual. No aceptaremos la respuesta de que la mecánica cromosómica es diferente en los dos organismos; solamente aceptaremos una respuesta formulada en términos de un punto de vista funcional, adaptativo o evolutivo. Será una explicación que procure decir que es razonable que *Habrobracon* deba tener una proporción sexual de 2:1, mientras que *Drosophila* deba tener una proporción sexual de 1:1. Las diversas formas de respuesta serán discutidas posteriormente en este artículo. Aquí debe destacarse que uno de los problemas de la explicación biológica surge de que existen dos grupos de biólogos haciendo una pregunta como "¿por qué la proporción sexual es 1:1?" y que son satisfechos con dos tipos diferentes de respuestas porque ellos están interesados, realmente, en dos tipos distintos de problemas. Efraim Racker me preguntó recientemente qué estaba haciendo en mi laboratorio. Empecé a decirle y conforme el tiempo pasaba, se me hizo claro que él en verdad pensaba que lo que yo estaba haciendo era muy irrelevante. No era que él pensara que no estaba bien hecho, sino más bien, que no estaba preguntando nada interesante acerca de la naturaleza.

En el otro extremo del conflicto de intereses está lo que llamaré el conflicto exclusivo entre la causa final y la causa eficiente, esto es, los casos en los cuales se niega incluso que sea posible una respuesta a la pregunta "por qué" en términos de causa final. Permítaseme dar un ejemplo de un problema evolutivo: R. A. Fisher preguntó "¿Por qué la mayoría de las mutaciones que ocurren en los organismos son recesivas?", en otras palabras, ¿cuál es el origen de la dominancia de los genes? Fisher dio una respuesta a esto en términos de causación final. Habló acerca de lo que les pasa a las nuevas mutaciones en la selección natural conforme se originan y conforme afectan la adaptación de los organismos, y concluyó por análisis matemáticos que si las mutaciones se originaran una y otra vez, entonces eventualmente el genotipo de los organismos evolucionaría de tal manera que cualquier mutación nueva

sería recesiva en sus manifestaciones fenotípicas. Lo que Fisher dijo fue que la dominancia es resultado de un proceso evolutivo en el cual la naturaleza total del genoma ha sido ajustada con el fin de ocultar los efectos de las nuevas mutaciones. Sewall Wright se opuso a esta idea afirmando que la selección natural era demasiado débil para lograr el resultado pronosticado por Fisher, y que la dominancia es una realidad fisiológica de la vida que no necesita ninguna explicación en términos de selección natural. Wright dijo que la dominancia se origina debido a la naturaleza de la curva de respuesta de las reacciones enzimáticas. Como es bien sabido, cuando la concentración de enzimas es una limitante, la cantidad de producto es proporcional a la cantidad de enzimas. Conforme aumenta la cantidad de enzimas, la cantidad de producto generado decae y alcanza una asíntota. De la misma manera sucede con el fenómeno de dominancia, ya que, para una duplicación de la cantidad de enzimas, no hay una duplicación en la cantidad de producto. Habrá dominancia completa si de hecho la cantidad de enzimas producidas por un gene satura completamente el sustrato.

Nótese que estoy haciendo una distinción entre mi primer caso, "¿por qué la proporción sexual es 1:1?", en el cual existen otros sistemas explicativos, cada uno diseñado para contestar interrogantes esencialmente distintos formulados en los mismos términos, y un segundo caso, en el cual las dos formas de explicación comúnmente utilizadas en biología, son discordantes entre sí. En el último caso, éstas dos explicaciones están yuxtapuestas y una es rechazada por ser en realidad incorrecta. Este conflicto también sucede en la biología molecular. Como un ejemplo, preguntémosnos por qué el código genético tiene la apariencia que tiene. ¿Por qué un cierto conjunto de tripletes de nucleótidos y no otro especifica la *fenilalanina*? ¿Es solamente un resultado de la casualidad? ¿Haría alguna diferencia en el mundo si en lugar de UUU especificando fenilalanina hubiera UGC? Existen dos escuelas de pensamiento acerca de este tema. Una dice que el código que tenemos es un accidente histórico, que podrían haber existido (y deben haber existido alguna vez) otros códigos. Uno de los descubrimientos interesantes de la genética molecular moderna es que el código es universal. Parece que actualmente todos los organismos comparten las mismas relaciones entre el conjunto de tripletes y el aminoácido que es generado. En la teoría de que muchos códigos son *a priori* igualmente probables, este descubrimiento comprueba el origen monofilético de la vida. Sin embargo, puede argumentarse que el conjunto de tripletes que especifican aminoácidos particulares no se encuentran al azar con respecto a los demás. Si en verdad se observa rigurosamente, se nota que las redundancias son significativas, que son de una forma tal que el código está protegido contra cualquier efecto

fenotípico de las mutaciones de un solo paso. Es adaptativo tener UUG y UUU determinando fenilalanina porque una mutación de un solo paso en la posición tres, no afectará el aminoácido especificado. Entre todos los códigos posibles que podrían existir, la evolución, de hecho, ha seleccionado un código que tiene un conjunto de redundancias con ciertas propiedades óptimas.

Compiendo con esto, hay una tercera teoría, la de que el código no es casual sin que por ello, tampoco haya evolucionado. Más bien, se postula que hay una relación mecánico-cuántica entre los elementos del código y los aminoácidos producidos. Sobre esta idea, aún si concedemos un argumento evolutivo para la redundancia, no hay probabilidad de que la fenilalanina sea especificada por este grupo de tripletes y no por uno absolutamente distinto pero igualmente redundante, digamos AUG y AGG. Pueden existir razones mecánico cuánticas de que un cierto triplete codificará más fácilmente para un aminoácido dado, debido a la forma en la cual esta información se encuentra codificada en el ARN mensajero. Aquí vislumbramos tres explicaciones. La primera es que la realización verdadera fuera de todas las posibles, es la de que se ha originado por un proceso de selección natural, y que ciertamente existieron otros grupos de organismos con otros tipos de sistemas de codificación, pero que esos grupos no fueron tan exitosos porque sus sistemas de codificación eran en algún sentido menos perfectos, menos óptimos y así desaparecieron gradualmente. La segunda es que hubo otros grupos de organismos con otros códigos y que estos simplemente desaparecieron por azar, siendo el grupo restante en ningún sentido, el óptimo. La tercera es que ha habido un solo código porque en el tiempo de la evolución prebiótica, el arreglo particular del código que progresó fue aquel que tenía las probabilidades más altas según ciertas reglas de la química cuántica.

Un tercer conflicto de explicación ocurre en lo que puede denominarse el problema de la *explicación exclusiva contra la explicación completa*. No voy a decir mucho acerca de esto porque es bastante trivial y obvio para todos, pero debe ser mencionado. La biología teórica tiene por objetivo determinar límites entre los resultados posibles de condiciones de entrada dadas. Es decir, que lo que la biología teórica está comprometida en hacer, es tomar un cierto grupo de enunciados contingentes acerca del mundo y construir una máquina que le permita a uno decir que, si las entradas de esta máquina son tales y de tal naturaleza, las salidas deben caer en cierto subconjunto restringido. En realidad, la biología teórica es nada más una biología de exclusión. Dice: si las tasas de mutación son de la siguiente naturaleza, si las diferencias en los organismos en las tasas de reproducción son tales y tales, entonces no es probable

que el resultado X ocurra o la probabilidad del resultado Y es menor que  $10^{-6}$ . Una parte considerable de la biología es malentendida por los biólogos moleculares, quienes generalmente se llaman a sí mismos biólogos no teóricos y se creen el arquetipo del biólogo experimental porque están comprometidos no con la exclusión sino con la especificación íntegra. Si fuéramos a estar de acuerdo con esto porque alguien ha resuelto la secuencia completa de bases de uno de los ARN de transferencia, no dejaríamos a nadie más tener ni un centavo más para resolver cualquiera de las restantes porque solamente es más de lo mismo, los biólogos moleculares protestarían. Dirían que hemos destruido una de las tareas más importantes del biólogo, la cual es especificar absolutamente el conjunto de mecanismos biológicos. Los biólogos teóricos dirían por otro lado: "nosotros creamos una teoría que predijo ciertas características; les hemos permitido ir y gastar grandes cantidades de dinero haciendo una molécula para probar que realmente funciona. Ahora márchense y hagan alguna otra cosa útil". Un conflicto surge, entonces, entre aquellos que dicen que no explicamos una observación hasta que hemos llenado la descripción íntegra de todas las palancas y engranes mecánicos y, aquellos que están conformes con una explicación que únicamente indica que las palancas y los engranes deben verse "un poco como lo siguiente", deben caer dentro de un cierto grupo.

Este es un problema que surge no solamente en el conflicto entre la biología teórica y la biología molecular experimental, sino aún dentro de estas disciplinas. Relacionado con él y de mucho mayor interés está lo que uno debe llamar el conflicto entre la explicación *suficiente* y la *exacta*. La mayor parte de la teoría evolutiva tiene la siguiente estructura: hay un marco algo general de leyes, y nosotros conocemos, a partir de observaciones sobre la naturaleza, algo acerca de los valores de los parámetros que metemos en la calculadora. Así producimos un conjunto permisible de resultados. Sabemos algo acerca de las tasas de mutación; sabemos acerca de las tasas diferenciales de fertilidad de los organismos. Dadas tales fronteras, el biólogo evolucionista puede entonces pronosticar un conjunto posible de resultados. Si realmente es muy capaz, puede aun establecer una función de distribución de las probabilidades de los resultados. El resultado real es, entonces, observado, y preguntamos *a)* si cae dentro del conjunto de resultados permisibles y *b)* si lo hace, cuál fue la probabilidad de ese resultado. Si el resultado es uno de los altamente probables, entonces estamos contentos, tenemos una explicación suficiente del fenómeno y el biólogo evolutivo no va más allá. Hay un fuerte parecido, entonces, entre los mecanismos explicativos en la biología evolutiva y la teoría clásica de hipótesis de prueba en estadística. Lo que uno hace es sacar deducciones acerca del conjunto de

probabilidades de los resultados posibles, observar un hecho dado y preguntar si cae dentro de un conjunto crítico (el cual es construido a partir de la distribución *a priori* de los resultados posibles); si lo hace, estamos contentos y pretendemos una explicación suficiente. La mayoría de los biólogos evolutivos están satisfechos con esta clase de explicación.

Tomemos un ejemplo clásico. Hubo un florecimiento tremendo de la arquitectura y ornamentación en las cabezas de los ceratosaurios, un grupo de dinosaurios herbívoros con aspecto de rinocerontes. El interrogante surge en la teoría evolutiva: ¿por qué hubo ceratópsidos unicomados y tricornados?; ¿por qué no todos tenían la misma ornamentación? Hay dos explicaciones para tal manifestación. Una dice que cada una de las ornamentaciones específicas estaba seleccionada especialmente en un ambiente que era diferente de otros y que por lo tanto estaba favorecida por la selección natural. El supuesto es que si un ceratosaurio unicomado y un ceratosaurio tricornado estaban viviendo en el mismo ambiente, tres cuernos serían mejor que uno y por lo tanto los tres cuernos evolucionaron. La explicación alternativa es que estos organismos evolucionaron a partir de reservas originales de genes algo distintas; que éstas evolucionaron aisladamente una de otra, tanto temporal como espacialmente; que estuvo involucrada una escala de tiempo muy grande y que cada uno de estos resultados representó una consecuencia suficientemente adaptativa del proceso evolutivo. Querer compararlas o demandar que hubo razones ambientales específicas para los diferentes tipos es pedir demasiado. En el espacio multidimensional de la frecuencia génica, la selección natural llevó a la población hacia una de un conjunto de singularidades alternativas. Hacia dónde la llevó, dependió de su estado inicial y de ciertos elementos al azar. No es razonable preguntar: ¿es mejor o más adaptativo estar en una o en otra? Estos son otros resultados del proceso evolutivo, otros escenarios probables. Es posible comparar estos escenarios si los organismos se vuelven entonces simpátricos, pero éste no es el problema.

La segunda explicación se deriva de la existencia de estados alternativos estables de un sistema dinámico dado. Éste es un aspecto muy importante que no siempre es comprendido. No es verdad que un sistema dinámico determinístico, en el cual todo está fijo excepto los valores de arranque inicial, marchará hacia uno y sólo uno de los puntos. En cualquier sistema dinámico de suficiente complejidad existen muchos, muchísimos, otros estados estables hacia los cuales puede dirigirse el sistema, y la determinación del estado hacia el cual el sistema evoluciona es una función de la variación en el punto inicial. Por ejemplo, si usted es un alpinista con la compulsión de dirigirse hacia arriba, entonces en las Rocallosas hay alrededor de cincuenta picos sobre los 14 000 pies,



cualquiera de los cuales le hará feliz. Sólo depende de donde empieza usted. No es cierto, por lo tanto, que todos los resultados de la evolución son diferentes unos de otros porque las fuerzas de la selección natural fueron distintas. Muchas son diferentes entre sí porque las condiciones iniciales fueron diferentes. Esta segunda explicación es suficiente; dice que lo que pasó, podía pasar. Surge un problema cuando ocurre un hecho que debía haber sucedido con una probabilidad muy, muy baja. Aún en tales casos, por supuesto, ya que la función de densidad de probabilidades de todos los resultados de la evolución están muy dispersas, existe un serio problema para decidir si una cosa podría haber pasado o no. Éste es un serio problema metodológico para los evolucionistas. El evolucionista que desea decidir entre diversas explicaciones utilizando el principio de probabilidad máxima está en graves aprietos porque el área de probabilidades está muy extendida. Por esta razón, las hipótesis explicativas evolutivas generalmente no son muy específicas. Más bien, es aceptado un conjunto (de explicaciones) cuya probabilidad total es alta.

En este punto me gustaría terminar con lo que, creo, es un error en los escritos sobre teoría evolutiva, un error, al menos desde nuestro punto de vista actual. Éste es el problema de si el principio de la selección natural, o la sobrevivencia del más apto, es o no una *explicación* de la evolución. Yo sostengo que no es una explicación de la evolución y que no debe ser considerada como tal, cualquiera que pueda haber sido la intención de Charles Darwin y sus discípulos. La evolución es la consecuencia necesaria de tres observaciones acerca del mundo, que en este momento no pueden ponerse en duda. Éstas son: 1) existe la variación fenotípica; no todos los integrantes de una especie se ven ni actúan de la misma manera. 2) Hay una correlación entre los padres y la descendencia. Este enunciado no dice nada acerca del mendelismo o de la genética. Solamente dice que si los dos padres son más bajos que el promedio, sus hijos serán en promedio más bajos. Esta es una observación que es cierta en diferente grado para cada carácter, pero para cada carácter que puede evolucionar, debe ser verdadera. 3) Fenotipos diferentes dejan números de descendencia diferentes en generaciones *distantes* (si tienen un mayor número de nietos, mejor).

Si estas tres proposiciones son ciertas, habrá un cambio evolutivo inevitable en la población. ¿Significa, entonces, que el principio de la selección natural es una explicación de la evolución?

Éstos son tres enunciados contingentes, cada uno de los cuales es cierto acerca de por lo menos una parte del mundo biológico y por lo tanto se concluye que la evolución debe suceder. La razón por la que los enlisto es porque existe una gran confusión acerca de la llamada naturaleza

“tautológica” de la explicación de la adaptación y la selección natural. No hay nada tautológico aquí. Éstos son tres enunciados verdaderos sobre el mundo y de ellos se deriva que los cambios pueden predecirse. Si usted quiere, estos tres enunciados son la explicación de la evolución. No explican el origen de algún hecho particular en la evolución; explican por qué existe un cambio, en general, en las formas de los organismos en el tiempo.

Finalmente, llego a mi pregunta principal: ¿A qué nos referimos con los elementos históricos en la explicación evolutiva y en la explicación biológica? Consideremos primero un proceso dinámico generalizado operando en algún sitio. Podemos referirnos a un sistema que se encuentra en algún estado  $E$  en el tiempo  $t$  y que pasa continua y discontinuamente a algún otro estado  $E'$  al tiempo  $t+1$ . El sistema puede ser descrito como un punto en un estado-espacio multidimensional y, a través del tiempo el sistema recorre una trayectoria en el espacio. En este espacio existen singularidades. Piense en el espacio como un campo vectorial, un campo que muestra el movimiento de la partícula en cada punto. Estas singularidades pueden ser puntos o ciclos límite, pero con mayor frecuencia en el contexto evolutivo, no son ciclos sino puntos. Pueden trazarse flechas mostrando las direcciones y las velocidades con las cuales la partícula se moverá en varias posiciones dentro del espacio. Los equilibrios estables son puntos hacia los cuales se dirigen todos los vectores desde los puntos circunvecinos. Si el sistema llega a tal punto, no saldrá de nuevo.

Es característico de un sistema dinámico en el tiempo que si el sistema se encuentra en ese punto o en un ciclo cerrado tal, no hay información sobre cómo llegó allí. Esto es, en el equilibrio, no hay *información histórica*. Desde luego es posible subdividir el espacio en regiones de las cuales el sistema habría caído en uno u otro de los equilibrios optativos. De esta manera se tiene algo de información acerca del conjunto de puntos iniciales posibles, sólo que es muy endeble. Así, cualquier hipótesis explicativa en biología que lleva explícito en ella que el sistema se encuentra en un estado de equilibrio, no es histórica porque dice que en el sentido dinámico, el mundo biológico se encuentra en un estado estacionario. Si usted deliberadamente prefiere concentrar su atención en el aspecto de equilibrio de los sistemas biológicos, está haciendo una elección voluntaria para ignorar su aspecto histórico. Al escoger estudiar sólo el equilibrio usted destruye cualquier posibilidad de información sobre la historia.

Usted puede, por otro lado, elegir estudiar las trayectorias en sí mismas. Puesto que estas trayectorias pueden ser descritas en general mediante algunas ecuaciones diferenciales, si usted tiene información acerca de un número de puntos a través de los cuales pasa la trayectoria, usted

puede reconstruirlas. Es decir, entonces usted tendrá información histórica, la cual le permitirá un mayor número de deducciones. Por ejemplo, usted puede deducir hacia dónde va al sistema y dónde ha estado.

De esta forma, en un sistema dinámico debemos distinguir dos grupos de puntos que componen el espacio total. Un conjunto de puntos es un pequeño grupo en el cual toda la información histórica ha sido destruida, el conjunto de todas las singularidades. El resto de los puntos se encuentran en un conjunto en el cual uno puede reconstruir algo de información histórica. El debate entre los biólogos acerca de la importancia de la historia en las hipótesis explicativas, gira alrededor de la división entre los biólogos dentro de ese campo que dice desear estudiar los estados de equilibrio en biología y el campo que desea estudiar los estados dinámicos en el tiempo. Esta división existe entre los biólogos evolucionistas y especialmente entre los ecólogos. Actualmente hay dos escuelas de ecólogos: primero, aquellos que afirman que lo que interesa son únicamente las propiedades ergódicas de los sistemas biológicos —las propiedades del conjunto, que no varían en el tiempo y acerca de las cuales, por lo tanto, no pueden hacerse enunciados históricos—; y segundo, aquellos que quieren estudiar las propiedades que sí varían en el tiempo, pero que, de hecho, son únicas en tiempo y espacio.

Daré un ejemplo de la ecología moderna en el cual estos dos esquemas explicativos alternativos están más en conflicto. Formulemos la pregunta: ¿Por qué en un matorral de Inglaterra existen las siguientes cinco especies de aves —especies A, B, C, D, E— en las proporciones  $P_A$ ,  $P_B$ ,  $P_C$ ,  $P_D$  y  $P_E$ , mientras que en un matorral en los Estados Unidos que tiene formas de vida muy similares a las de Inglaterra, solamente hay cuatro especies de aves F, G, H e I y en proporciones muy distintas? Éste es un ejemplo específico del problema completo de la zoogeografía y la ecología, de hecho se convierte en el principal problema de los estudios ecológico evolutivos. Hay dos respuestas a esta pregunta. Una está dada por David Lack y representa la escuela inglesa de hipótesis explicativas acerca de la zoogeografía. La situación ambiental particular es evidentemente distinta en Inglaterra que en América, y *por lo tanto*, habrá un número desigual de especies y la identidad de las aves será distinta. Esto es, las aves americanas ocuparán su matorral y las aves inglesas el propio. Hay distintos grupos de aves porque los matorrales son diferentes. Esto es equivalente al argumento de que los ceratosaurios de un cuerno y los de tres eran uni y tricornados porque el ambiente era distinto. Con esta hipótesis, si queremos saber por qué un grupo particular de especies de aves ocupa un lugar particular en el mundo, debemos conocer casi todo lo que hay por saber acerca de las circunstancias ambientales en ese lugar y sobre todas las interacciones entre las aves.

Opuesta a esta idea está la tipificada por McCarthur y Wilson y la escuela americana y proporcionada en forma persuasiva en su libro reciente, *Equilibrium Theory of Insular Zoogeography*. Los autores sugieren que debemos olvidar los nombres e identidades de las especies y preguntar por qué hay cuatro o cinco especies y no 25 en este ambiente y si esperaríamos más especies en el matorral inglés que en el estadounidense, sobre la teoría de que todas las especies son parecidas o intercambiables. Los aspectos de equilibrio de la ocupación de los bosques por las aves son tales que, dado un largo periodo, el matorral será poblado por cerca de cuatro o cinco especies de aves en frecuencias que pueden predecirse a partir de unas cuantas variables. Si todas las aves de las especies que ahora ocupan los matorrales se extinguieran, se introducirían y estabilizarían otras cuatro o cinco especies. En el caso de las islas, si uno considera simplemente el tamaño de la isla, la distancia a la isla más cercana, la distancia al continente y, el número de especies en la reserva del continente, de hecho, uno puede dar una descripción bastante buena de cómo se encontrarán muchas especies en cada isla. Además, uno puede predecir la diferencia en la distribución del número de especies en las islas que están más cercanas al continente y en las más alejadas, y uno puede realmente trazar una gráfica de la relación entre la distancia de la isla al continente y el número de especies. Pero en esta teoría del equilibrio, es destruida la identidad de las especies.

Así, existen dos esquemas explicativos alternativos en zoogeografía. Uno afirma que las cinco especies particulares de un matorral son únicamente una muestra de todos los propágulos que llegaron allí, y que la pregunta atractiva es realmente cuántas hay y no cuáles son sus nombres característicos. El alternativo dice que lo que es importante no es cuántas hay, sino cuáles son en particular y, que ninguna otra combinación de especies sería estable. Yo presumo que la verdadera respuesta es —si tomo todas las muestras de cinco especies de pájaros que podrían haber estado en un matorral— que estarían clasificadas de acuerdo a la probabilidad con la cual cualquier grupo de cinco en particular sería exitoso, o la cantidad de tiempo que serían residentes antes de ser reemplazados por otro grupo de cinco. Desconozco cómo es esta distribución de probabilidades; más bien sospecho que es fuertemente modal, es decir, que hay pocas combinaciones que tienen probabilidades muy altas debido a la naturaleza de la interacción en las especies, y a grandes cantidades de combinaciones que tienen probabilidades muy bajas.

En su mayor parte he estado interesado a lo largo de esta discusión en la sociología más que en la filosofía de la ciencia. Las dos hipótesis explicativas, una de las cuales incluye un elemento específico e histórico, y la otra, que incluye un elemento estadístico y de equilibrio, se han vuel-

to mutuamente excluyentes para los biólogos por el carácter del conflicto entre ellos como personas. Existe aquí un problema de historiografía. Muchos de los enunciados más positivos de los científicos inteligentes y respetables estarán prejuiciados por la tendencia de los biólogos, como de todo el mundo, a polarizar en alguna forma dialéctica. Los historiadores han pensado desde siempre en ser cautelosos con lo que leen, de no confundir el registro con lo que fue. Esta advertencia se aplica en la ciencia como en cualquier otro empeño social. Cada uno de nosotros tiene su sistema explicativo predilecto y tendemos a ver a los demás sistemas explicativos como excluidos por el nuestro.

## VI. REALIDADES Y FICCIONES EN LAS CIENCIAS NATURALES

RICHARD C. LEWONTIN

LA ESTRUCTURA social del trabajo erudito y sus prácticas retóricas han dado lugar a la creencia, aún entre los estudiosos más refinados, de que hay una diferencia fundamental entre el concepto y la función de los "hechos" en la ciencia y en la historia. De ninguna manera es claro que exista tal diferencia fundamental y hay serias dudas acerca de la evidencia sobre la cual está basada esta creencia.

El problema que confrontamos cuando intentamos comparar la estructura del discurso y la explicación en distintos dominios del conocimiento, es que nadie es un experto en más de un campo y que es esencial dominar la información desde dentro. Un observador que no esté sumergido en la práctica de una disciplina particular y que desee entenderla, se encuentra a merced de quienes la practican. No obstante, ellos mismos se encuentran inmersos en *el incuestionable mito* comunal, de cómo es ejercida la especialidad. R. G. Collingwood, aunque en primer lugar era filósofo, estaba inmerso en la comunidad de historiadores y entendía cómo se hace la historia, por ello ha tenido una enorme influencia en nuestras ideas acerca de la historiografía. Cualquier historiador conoce *La idea de historia*.<sup>1</sup> También era un metafísico, sin embargo su influencia en el entendimiento científico de la naturaleza y de la ciencia ha sido nula y es raro el investigador que ha escuchado acerca de Collingwood o que ha leído *La idea de naturaleza*.<sup>2</sup> Las ideas de Collingwood acerca de la estructura de la ciencia han sido construidas en gran parte de las elaboradas ficciones creadas por los científicos y por la generación anterior de filósofos e historiadores de la ciencia que participaban en el mito baconiano del esquema hipotético-deductivo.

La asimetría entre las ideas de los historiadores sobre la historiografía y sobre la ciencia se mantiene sólo en parte por su posición como intrusos. Lo cual es la consecuencia de la paupérrima visión de la ciencia que tienen los *científicos*. En la bibliografía de las ciencias naturales no existe ningún equivalente de aquellas caracterizaciones de la historia ambiguas y pluralistas propias de *La idea de historia*. Los historiadores de la

<sup>1</sup> Véase R. G. Collingwood, *The Idea of History* (Oxford, 1946).

<sup>2</sup> Véase R. G. Collingwood, *The Idea of Nature* (Oxford, 1945).

ciencia, los epistemólogos y los científicos naturales, cuando se encuentran en una actitud contemplativa, pintan la ciencia como si tuviera una sola modalidad y una sola forma. Aunque pueden diferir radicalmente acerca de lo que esa modalidad sea, recorriendo toda la gama desde Hempel hasta Feyerabend, cada uno tiene un entendimiento unívoco del tema. La mayoría de los científicos naturales y especialmente los biólogos, son realmente positivistas. Dependen excesivamente de la confirmación y de la falsación, y creen que el principal cometido de la ciencia es la acumulación de datos seguida por la inferencia, más que la comprobación de teorías. A veces, se expresan muy bien de la "fuerte inferencia", con lo que se refieren a algo cercano al criterio de falsación popperiano, pero esta no es la norma de la investigación biológica. Diariamente son reafirmados en su visión de la ciencia, al leer y escribir los textos científicos. Un escrito científico, al menos uno de la ciencia experimental, tiene un patrón: empieza con una breve "Introducción" que expone los antecedentes y el estado actual del problema, pasa después a los "Materiales y Métodos" y de ahí a la narración objetiva de los resultados en la sección del mismo nombre. Sigue entonces una "Discusión" en la cual se explican las anomalías y los resultados de la sección previa se relacionan explícitamente con los postulados de la teoría científica. Hay alguna libertad para la especulación en la "Discusión", pero se la considera algo adventicia porque, después de todo, los "Resultados" hablan por sí mismos. Una "Discusión" excesivamente elaborada y discursiva se verá truncada por el editor en provecho del espacio. De hecho, un experimento verdaderamente bueno no necesitaría "Discusión". Finalmente, existe una "Conclusión" y un "Sumario" que pone de manifiesto la nueva verdad científica que ha sido descubierta. Aproximadamente la misma secuencia es impuesta por las agencias gubernamentales de subsidios, las cuales, para otorgarlos, prescriben un formato que debe ser estrictamente cumplido si un científico espera recibir los fondos. Así, se refuerza la misma imagen, aun si el conocimiento que uno tiene de la ciencia proviene de una estrecha lectura del trabajo científico. La ciencia consiste, desde este punto de vista, de la postulación de afirmaciones más o menos generales acerca de la causalidad y de la interconexión necesaria entre fenómenos repetibles. Tales postulados demandan recopilar datos: observaciones hechas, ya sea, a partir de la naturaleza, o de perturbaciones deliberadas de la misma, llamadas experimentos. Cuando se han obtenido los datos, pueden ser comparados con las relaciones postuladas con anterioridad, para confirmar o refutar el mundo hipotético.

Ser capaz de mirar más allá de la cubierta impuesta por la retórica, requiere entender el lenguaje esotérico de una ciencia, así como conocer el inmenso cuerpo de la fenomenología que es aceptada por los escritos

en curso acerca de cualquier tema científico. Pero, además requiere un contacto cotidiano con los especialistas que lo practican, esto es, debemos ser esencialmente uno de ellos. La ausencia de este contacto ha conducido a que los historiadores hayan aceptado la irreflexiva visión que tienen los científicos de la manera en que opera la ciencia. El intento de convertir la historia en "ciencia social" ha sido así, el intento de instalar en ella un modelo de ciencia proclamado por los científicos y sus aliados positivistas, produciendo como su resultado ideal un boletín con la sección de "Resultados" escrita por Ranke y la "Introducción" y "Conclusiones" por Ibn Khaldún.

Por su parte, los científicos tienen sus propias ideas de lo que es hacer historia, pero tales ideas están mal informadas por las discusiones entre historiadores y filósofos de la historia. Ven la historia a través de los ojos de Karl Popper y comparten su desdén por la pobreza del historicismo y así se ven reforzados en su aceptación del contraste entre los métodos históricos y el verdadero proceso científico de conjetura y refutación mediada por hechos objetivos. En consecuencia, aceptan la idea que declara a la historia como siendo sólo cuantificada existencialmente, como no sujeta a refutación, mientras que la ciencia, siendo un conjunto de afirmaciones universales, siempre puede ser comprobada. Por supuesto, el origen del modelo kuhniano de cambios de paradigma ha alterado en alguna medida las actitudes de los científicos hacia la refutación. Ellos aceptan que existe una cierta libertad para arreglárselas con datos inconvenientes y aún Popper admitió que una variedad de "tácticas conservadoras" estaban a disposición de los científicos para explicar casos aparentemente adulterados. No obstante la popularidad de las nociones acerca de la "ciencia normal" y los "cambios de paradigma", el ideal del "experimento crucial" y la "inferencia fuerte", permanecen como los principales compromisos epistemológicos de la ideología científica.

#### LA DIVERSIDAD DE LAS MODALIDADES CIENTÍFICAS

Antes de que seamos capaces de preguntarnos acerca de la naturaleza de la evidencia científica, necesitamos revisar rápidamente las modalidades de los postulados científicos. Si examinamos la ciencia como realmente es practicada, inmediatamente se aclara que la afirmación de que consiste de una serie de postulados universales, como opuestos a enunciados meramente históricos, es una absoluta tontería. El verdadero cuerpo de la teoría y la práctica científicas es una colección heterogénea de modalidades, ilustrado, por ejemplo, por el estado actual de la biología. Dejando de lado que todos los organismos vivos son objetos natura-



les sujetos a la acción de las fuerzas físicas generales de toda la materia, los postulados más universales hechos por la biología son, por citar dos, que toda la vida proviene de vida previamente existente y, por lo tanto, toda la vida que existe sobre la Tierra ha evolucionado de otra preexistente, y segundo, que el código genético que especifica qué secuencia de ADN será traducido a qué proteína, es universal (el mismo en todos los organismos). No obstante, se admite que la primera es un enunciado puramente histórico que no siempre puede ser verdad porque, después de todo, la vida se originó de la no vida. El auténtico postulado es que las *actuales* condiciones en la Tierra hacen imposible que la vida se origine a partir de la materia inanimada. Esta afirmación es, en la práctica, trivialmente cierta como una regla general e insensible a la refutación en un caso particular. Si la vida pudiera ser creada en el laboratorio, como los científicos creen que será posible, sería precisamente en condiciones experimentales especiales que no amenazarían la generalidad del postulado porque las condiciones son "artificiales" en el sentido histórico. Si, por otro lado, se pudiera demostrar que en alguna remota fuente de agua caliente y rica en nutrientes, la vida está originándose de la no vida, simplemente diríamos, "Ah, no nos dimos cuenta que existe un lugar donde las condiciones especiales para el origen de la vida todavía prevalecen. Qué maravillosa oportunidad para estudiar lo que *eran* esas condiciones". El segundo postulado, el de la universalidad del código genético, es de hecho falso, y hoy son conocidos varios casos de códigos excepcionales. La respuesta a estos descubrimientos fue otra vez historicista. Ya sea que más de uno de los ancestros de los orígenes independientes del código genético aún existen o que algunas mutaciones del código ocurrieron hace mucho tiempo en una o dos líneas ancestrales. Pero nada importante está en juego. El código todavía es (casi) universal.

A un nivel un poco menos general están los postulados acerca de la reproducción, por ejemplo, las leyes mendelianas para los organismos con reproducción sexual, o aún más contingente, el mecanismo darwiniano de la evolución, la selección natural. Muchos organismos no se reproducen sexualmente y entre los que lo hacen, hay algunos que no siguen las leyes mendelianas en algunos de sus genes. Seguramente, la selección natural no es el único mecanismo para el cambio evolutivo y, en la actualidad, existe un importante debate en la biología evolutiva acerca de cómo opera comúnmente la selección natural.

Una gran parte del cuerpo de la investigación y el conocimiento biológicos consiste de aseveraciones narrativas. La reconstrucción de la historia de los seres vivos por los paleontólogos es una tarea historicista y toda la sistemática (la ciencia de inferir las relaciones evolutivas entre los organismos) es un intento por contar la historia del ancestro común

de los organismos *wie es eigenlicht gewesen*. La biología evolutiva, como la geología histórica, las ciencias de la tierra y la cosmología, es una ciencia histórica. El propósito de todas ellas es proporcionar la narración correcta de la secuencia de sucesos pasados y la explicación sobre las fuerzas causales y las condiciones que condujeron a esa secuencia. Más aún, todas estas ciencias históricas asumen la existencia de varias fuerzas que operan simultáneamente e incluyen la importancia del azar, considerado ontológica o epistemológicamente. El suceso propiamente dicho es visto como la conexión de estas fuerzas y sus perturbaciones azarosas. Los historiadores pueden tener alguna dificultad para distinguir esta descripción de la teoría evolutiva de, por ejemplo, la estructura de la *Historia Universal* de Kaldhûn.<sup>3</sup>

#### EL PAPEL DE LOS HECHOS EN LO PARTICULAR Y EN LO GENERAL

En la biología como en la historia, para entender el papel de "los hechos" se debe distinguir entre afirmaciones acerca de muestras modelo particulares y afirmaciones generales acerca de tipos de sucesos. Entre estos dos grupos de afirmaciones existe, de nuevo, una dicotomía entre enunciados narrativos en una modalidad paratáctica y afirmaciones causales en una modalidad hipotáctica. Es importante notar que, al menos en biología, puede haber postulados *generales* pero no universales y que, los sucesos reales son la interconexión de múltiples vías causales y perturbaciones aleatorias. Como consecuencia, en una irónica revocación del principio popperiano, los enunciados de la ciencia menos generales y más específicos, son los menos protegidos contra la evidencia adversa, mientras que los más generales pueden sobrevivir a numerosas discrepancias fácticas aparentes.

Por mucho tiempo se consideró que la ornamentación de la cabeza armada de los ceratosaurios había cambiado gradualmente desde una simple forma sin cuernos o gorjeras, al famoso *Triceratops* con los tres cuernos faciales parecidos al del rinoceronte y la enorme protección ósea y puntiaguda de la cabeza. Durante algún tiempo se supuso que estas estructuras representaban adaptaciones sucesivamente mejores para la protección contra los depredadores. Fue entonces cuando se encontró que los fósiles de las formas más ornamentadamente armadas eran contemporáneas de las más simples y, así, la narración completa se vino

<sup>3</sup> El Kitáb al-'Ibar [*Universal History*] de Ibn Khaldûn empieza con un volumen sobre teoría histórica general (el *Muqaddimah*) y después proporciona una historia narrativa específica de los árabes y los bereberes en volúmenes posteriores. Véase Ibn Khaldûn, *El Muqaddimah*, traducción de Franz Rosenthal (Nueva York, 1958).

abajo y con ella un ejemplo clásico de adaptación evolutiva progresiva. Como ejemplo contrastante, podemos considerar la tendencia observada generalmente en la evolución de los grupos de mamíferos a incrementar el tamaño corporal. Esta tendencia puede ser atribuida a la mayor eficiencia energética de los animales grandes al poseer una superficie mucho menor en relación al volumen, lo cual les ayuda a conservar la temperatura corporal. Algunas líneas de descendencia, por ejemplo algunos roedores e insectívoros, no han incrementado su talla y parecerían estar contruidos muy ineficientemente. Pero esto no se considera una invalidación de la "ley" general (no universal) del incremento en tamaño, ni de su explicación causal. La afirmación teórica es que el tamaño corporal *tiende* a aumentar, pero que otros mecanismos causales son capaces de producir tendencias opuestas. Así, los insectívoros pueden mantenerse pequeños para alimentarse de los diminutos y bien distribuidos insectos, y pueden "resolver" el problema de regulación de calor al permanecer bajo Tierra, tal y como lo hacen los topos. En consecuencia, ningún ejemplo contrario a la tendencia general es crítico o inquietante. Puede pensarse que estas observaciones opuestas, de hecho, podrían ser tomadas como evidencia de la exactitud de la aseveración causal, a saber, que la conservación de la energía es la fuerza directriz en la evolución de estos mamíferos, cualquiera que sea la forma de alcanzarla. No obstante, esto no puede ser universalmente cierto porque los mamíferos insectívoros más pequeños, las musarañas, viven *sobre* el suelo y deben alimentarse constantemente para mantener su temperatura corporal. Impávidos, los evolucionistas sostienen que existe aún otra vía causal, todavía desconocida, que suministrará la explicación. En una curiosa inversión de papeles entre la observación y la teoría, el hecho de que las musarañas existan, asociado con la teoría —no cuestionada— de que la regulación del calor es un problema clave en la evolución de los mamíferos, es a su vez tomado como una evidencia contundente de la existencia de una realidad todavía no descubierta acerca de las musarañas.

Cuando los sistemas tienen causas interactivas complejas, la robustez de las aseveraciones causales en contra de la evidencia opuesta conducen a la posibilidad de que teorías causales generales sobre enormes dominios de fenómenos puedan volverse totalmente impermeables a la evidencia. La consecuencia es que aunque las observaciones pueden abundar, la *evidencia* deja de existir conforme las teorías se convierten en dogmas. Esta es la situación en la que se encuentran tanto la física atómica como la biología evolutiva. La física atómica heredó de la química del siglo XIX la creencia de que, finalmente, toda la materia está constituida de ciertas unidades fundamentales indivisibles. Los 150 años de reducir la materia, desde moléculas a átomos, de átomos a núcleos, de nú-

cleos a partículas nucleares y de estas a quarks, han fallado en presentar la unidad fundamental, aunque cada etapa ha proclamado haberla encontrado. La creencia en un mundo construido por unidades discretas y elementales es un aspecto de la ideología del individualismo, en contra de la cual ni aún la observación de una nueva subdivisión puede ser tomada como evidencia. Tomando en cuenta la reconocida naturaleza onda-partícula de la materia, es difícil imaginar lo que podría constituir tal evidencia. Había un hombre que aparecía anualmente en las reuniones de la Sociedad Americana de Física para entregar un escrito "El último valor para el Prout". El Prout era la unidad elemental de la cual todos los valores de las constantes físicas eran simples múltiplos. Por supuesto, tenía que recalcular el Prout cada año conforme eran anunciados nuevos valores para las unidades físicas.

La adaptación óptima es el Prout de la biología evolutiva. Existe una fuerte tendencia en la biología evolutiva (ejemplificada por la sociobiología) que busca explicar cada aspecto de la anatomía, fisiología, conducta y mecánica celular de todos los organismos, como la consecuencia de la adaptación óptima por selección natural. Los libros técnicos de la genética evolutiva proporcionan muchas opciones de esta idea. Por ejemplo, los eventos aleatorios en la reproducción de una población, la escasez de variación genética apropiada, el hecho de que los genes tengan múltiples efectos en el desarrollo, el fenómeno de la ausencia de proporcionalidad de las partes del cuerpo, todas sugieren que muchos cambios evolutivos pueden no producir adaptaciones óptimas.<sup>4</sup> Pero ninguna observación puede desacreditar, o al menos poner seriamente en duda, la adaptación óptima como explicación, debido a la complejidad de las relaciones entre los organismos y el mundo que crearon y en el que habitan. Por el contrario, todas las observaciones pueden mantenerse como respaldo. "Los Cielos declararon la gloria de Dios y el firmamento mostró su obra". Un caso ilustrativo es el de "la teoría de la recolección centralizada".<sup>5</sup> Algunos animales, principalmente las aves nidadoras, salen en busca de alimento pero lo llevan de regreso a un punto central antes de consumirlo. Como es claro, a un animal no le convendría tomar el primer bocado de alimento que encuentra y llevarlo consigo de regreso al nido sin tomar en cuenta el tamaño porque el con-

<sup>4</sup> Para una discusión más extensa sobre las causas generales del cambio evolutivo, véase Stephen J. Gould y R. C. Lewontin, "The Spandrels of San Marco and the Panglossian Paradigm: A Critique of the Adaptionist Programme", *Proceedings of the Royal Society London B205* (1979): 581-598.

<sup>5</sup> Véase Gordon H. Orians y Nolan E. Pearson, "On the Theory of Central Place Foraging", en *Analysis of Ecological Systems*, ed. David J. Horn, Gordon R. Stairs y Rodger D. Mitchell (Columbia, Ohio, 1979), pp 155-177.

sumo no compensaría la energía gastada en todo el recorrido. Tampoco sería útil coger exclusivamente pedazos de alimento extremadamente grandes, porque el tiempo que gasta en buscarlos, puede, otra vez, consumir más energía de la que reditúa. Un recolector eficiente restringirá su búsqueda a suministros de tamaño intermedio, el cual podemos calcular a partir del conocimiento de la distribución de tamaños de las partículas de alimento disponibles. Cuando observamos a las aves encontramos que efectivamente la búsqueda está dirigida hacia los tamaños mayores, más que hacia tamaños al azar, pero no lo suficiente para que correspondan con los óptimos calculados. ¿Va esta evidencia en contra de la teoría del recolector más eficiente? No, porque se dice que la utilización óptima de la energía no es el único problema que un ave debe resolver. Tampoco debe permanecer mucho tiempo fuera del nido, ya que sus crías quedarían desprotegidas de los depredadores. Ciertamente, el fracaso del ave como recolector óptimo es tomado como evidencia *para* una conducta más eficaz como padre. La adaptación óptima es una ideología panglossiana que determina el valor probatorio de las observaciones.

No debe suponerse que la apropiación *ad hoc* de la evidencia ocurre solamente cuando hay un solo paradigma de explicación. La relación perdida entre observación y teoría en sistemas de causación compleja, también puede permitir teorías opuestas que se nutren de la misma evidencia. En la genética de poblaciones ha habido un largo debate entre aquellos que creen que la variación heredable entre organismos está sujeta a la selección natural (la escuela "seleccionista") y aquellos que consideran que los sucesos puramente azarosos son los que determinan la variación y, consecuentemente, una gran parte de la evolución de las especies (la escuela "neutralista").<sup>6</sup> Las evidencias reunidas por estas escuelas son virtualmente la misma; por su ambigüedad es suficiente para permitir a ambas partes reclamarla como prueba. Por ejemplo, en las poblaciones de moscas de la fruta de los archipiélagos del Pacífico, a mayor cercanía entre las islas se encuentra una mayor similitud en las frecuencias de variantes heredables de una proteína. Mientras que la escuela neutralista toma esto como evidencia de que las variantes no son seleccionadas, sino que tienen sus frecuencias determinadas únicamente por los patrones de migración entre islas cercanas y lejanas, los seleccionistas en cambio, quienes hicieron la observación en primer lugar, aseguran que obviamente las islas más próximas son geográficamente las más similares en cuanto al ambiente y, así, las más parecidas en condiciones de selección natural.

<sup>6</sup> Para una discusión histórica general sobre esta controversia, véase Lewontin, *The Genetic Basis of Evolutionary Change* (Nueva York, 1974).

CONSTRUYENDO HECHOS A PARTIR  
DE UNA NATURALEZA NO ESTRUCTURADA

En sus lecturas trevelianas, E. H. Carr considera el problema de cuándo un suceso se vuelve una realidad histórica. Proporciona el ejemplo de un vendedor ambulante de pan de jengibre quien en 1850 fue pisoteado hasta la muerte por una muchedumbre enojada, un evento que a su manera iba a volverse parte del conjunto de hechos históricos en virtud de ser citado por los historiadores.<sup>7</sup> Pero para citarlo como un hecho histórico se requiere que, en primer lugar, sea recortado del continuo del flujo histórico como un suceso unitario y reconocible. Este paso epistémico no es problemático para el historiador debido a que nuestro desarrollo psíquico, nuestra experiencia social y nuestra educación crean para nosotros una estructura de percepción que hace de algunas cosas sucesos claramente enlazados. El problema no es tan fácilmente resuelto cuando estudiamos con atención la naturaleza. ¿Cuál es el camino correcto para describir un organismo? En los organismos que forman colonias como los corales o las violetas, ¿dónde empieza realmente un organismo y donde termina otro? Los hechos en la ciencia no se presentan con una forma preexistente. Por el contrario, es el protocolo experimental o de observación el que construye hechos a partir de una naturaleza indiferenciada. Y si no nos gusta lo que vemos, podemos hacer un rearrreglo en la descripción de la naturaleza para que tenga un aspecto más placentero. Así los hechos construyen una teoría, pero se requiere una teoría para construir hechos y ocasionalmente, aunque sólo ocasionalmente, esta dialéctica se vuelve perturbadoramente clara para quienes practican la ciencia. De nuevo, la biología evolutiva proporciona un caso claro.

La sistemática es la ciencia de inferir las relaciones evolutivas de los organismos, generalmente de las especies vivientes. Consiste en intentar dibujar árboles filogenéticos familiares que ligen a los organismos unos con otros, a través de ancestros comunes hipotéticos en el pasado remoto. El problema es reconstruir las genealogías sin los nombres o los registros reales de los ancestros y, así, la única evidencia que puede ser utilizada es el conjunto de similitudes y diferencias observadas en las formas actuales. El supuesto es que mientras más parecidas sean dos especies entre sí, más cercanamente estarán relacionadas. Pero, no podemos decidir qué tan similares son dos organismos hasta que tenemos una lista de sus descripciones respectivas, las que a su vez no pueden ser elaboradas hasta que respondamos a la pregunta de cómo anatomizar un objeto natural, un organismo. Desde luego, los biólogos no se acercan

<sup>7</sup> Véase E. H. Carr, *What is History?* (Nueva York, 1961).

a los organismos con una visión inocente. Por tradición y experiencia, cada grupo de organismos tiene adjunta una lista de maneras convencionales de describirlo, y esta lista difiere de un grupo a otro. Obviamente, uno no describe a las plantas en los mismos términos que a los insectos, pero aún entre los insectos, los escarabajos son caracterizados en dimensiones diferentes de descripción que, por ejemplo, las hormigas. Una vez que se ha determinado la lista preliminar de atributos, se hace la reconstrucción evolutiva del árbol ancestral probable utilizando una forma u otra de una regla de parsimonia. Un conjunto común de normas es que las reversiones evolutivas son escasas y que el repetido origen independiente de nuevas características no ocurre. Así, si dos organismos comparten un rasgo que otros dos no tienen, asumimos que lo han adquirido de un ancestro común. Cada vez que el proceso de construcción de árboles familiares es llevado a cabo en más de unas cuantas especies para más de unas cuantas características, el árbol genealógico (o los árboles, no es necesario que sea uno solo) más conservador contiene un gran número de contradicciones. Esto significa que aunque traten por todos los medios, los sistemáticos no son capaces de crear un árbol en el cual no existen las reversiones u orígenes independientes de caracteres. Una respuesta a este resultado es redefinir las características. Las recién elegidas son presentadas y las anteriores desechadas. Los sistemáticos discurren acerca de si los caracteres moleculares, como el ADN y las secuencias de proteínas, proporcionan mejores resultados que los caracteres morfológicos. Y si uno utiliza caracteres anatómicos como longitud y ancho simplemente, o la razón o el producto de ambos, ¿es esto apropiado? Se crean nuevos hechos acerca de los organismos, en un intento por encontrar el conjunto de descripciones que minimice las contradicciones. La cuestión es que hay infinidad de maneras para describir un organismo, para construir los hechos de su existencia. Uno se cansa rápidamente de probar nuevas maneras y, de cualquier forma, todos saben que las reversiones y los orígenes independientes de un mismo carácter a veces suceden, así que un árbol, aun el correcto, debe tener contradicciones.

#### HECHOS VIVOS Y MUERTOS

El ejemplo de Carr sobre el vendedor ambulante no sólo plantea cuestiones acerca de los hechos de la historia sino también acerca de la historia de los hechos. En la ciencia, las mismas observaciones se mueven hacia dentro y hacia fuera del cuerpo de los hechos científicos. Los filósofos y los historiadores de la ciencia han estudiado los caminos por los

cuales las teorías científicas asimilan los datos contrarios o se indigestan fatalmente con ellos. Sin embargo, no toman en cuenta que estas observaciones pueden resurgir si demuestran ser indigeribles. Toda ciencia tiene su propio "cesto de la basura" lleno de observaciones descartadas que no encajan en ningún lado y que son rechazadas como producto del azar, experimentos malos, o como los productos de algunos chiflados, como efectivamente muchos o la mayoría de ellos lo son. No obstante, cada ciencia también tiene un repertorio de observaciones coherentes que no han sido refutadas ni explicadas, sino que simplemente no pueden ser relacionadas de ninguna manera con la actual estructura teórica de la ciencia. La consecuencia es que este conjunto coherente de observaciones es "empujada" a lo más recóndito de la conciencia científica colectiva. Algunas veces la problemática del campo cambia, lo que hace conveniente olvidar las observaciones inesperadas bajo la presión intelectual de la actividad novedosa y el entusiasmo por nuevos conceptos. Otras veces, las observaciones pueden ser dejadas de lado presentándose como las producciones de unos cuantos excéntricos, quienes, entonces, son marginados de tal forma, que sus resultados no necesitan ser integrados al cuerpo total de la evidencia. En caso de que no puedan ser relegados debido a su indiscutible posición, la comunidad científica se limita a negar con la cabeza y a murmurar que debe haber algo mal en alguna parte. Es importante notar que no estamos considerando aquí teorías heterodoxas como la de la deriva continental que, aunque hoy es la teoría ortodoxa, por décadas fue objeto de burla entre los geólogos a pesar de la fuerte evidencia que la respaldaba. El problema del surgimiento de nuevas teorías que transforman las contradicciones perturbadoras en evidencia aceptada, es el clásico problema tratado por los diferentes modelos de desarrollo científico. Más bien nosotros estamos preocupados por el problema de la conversión de las observaciones en evidencias, cuando éstas no habían sido ni siquiera imaginadas por nuestra filosofía. La historia de la genética en los últimos 55 años ha estado caracterizada por múltiples ejemplos de este fenómeno.

A partir del final de la segunda Guerra Mundial, la verdad inamovible de la genética ha sido que los genes producen organismos, pero que no existe reciprocidad de causación de los organismos a los genes. Esto significa que ha sido totalmente rechazada la teoría de que las características adquiridas por los organismos durante su desarrollo pueden ser transmitidas a la descendencia alterando la naturaleza de la información biológica contenida en el cigoto. La genética y la biología en general son absolutamente weissmanianas, al separar el soma del germen. Durante las décadas de 1940 y 1950 se fue erigiendo un desafío de gran magnitud en contra de este cuadro mendeliano-weissmaniano, por el



movimiento lisenkista en la Unión Soviética.<sup>8</sup> T. D. Lysenko y sus seguidores afirmaron poseer evidencias precisas de la herencia de los caracteres adquiridos y rechazaron completamente la dicotomía interna/externa de la genética ortodoxa. Cuando el gobierno de Stalin hizo del lisenkoísmo la doctrina oficial y limpió de genetistas las instituciones científicas, la guerra fría se extendió a la biología y los biólogos occidentales casi sin excepción se unieron bajo la bandera del mendelismo para derribar esa charlatanería pseudocientífica y de inspiración política de Lysenko. Lo que no revela la historia de estos acontecimientos es que la genética como tal, de ninguna manera estaba consolidada antes de la segunda Guerra Mundial. Había una tradición de investigación y un conjunto de observaciones que estaban siendo producidas por genetistas bien establecidos en Europa, América y Japón, que parecían demostrar la herencia de los caracteres adquiridos. Hubo *dauermodifikatie* (modificaciones duraderas) en algunos organismos, efectos de la temperatura que sólo desaparecieron lentamente en el curso de varias generaciones después del tratamiento; e híbridos de injertos en los cuales la descendencia de las variedades vegetales somáticamente unidas, mostraron algunos caracteres de cada uno de los participantes del injerto. El efecto de la politización de la genética durante la guerra fría fue la consolidación de los genetistas en el lado del mendelismo-weissmanismo, así como la deslegitimación de la investigación de otras opciones. No es que las observaciones hallan sido asimiladas a la teoría aceptada, ni siquiera que existieran como evidencia contradictoria, desafiante y amenazadora, simplemente desaparecieron del mapa. No son mencionadas en la bibliografía técnica ni en los cursos y libros de texto. Son observaciones que dejaron de ser evidencia. Son los destituidos acorazados del pasado de la guerra científica. Todavía no es claro si sólo han sido guardados para después, o ya han sido deshuesados para material de desecho.

Cuando las observaciones han sido excluidas del cuerpo de la evidencia, pueden entrar más tarde con la forma de prefiguraciones. Durante las décadas de 1940 y 1950 dos genetistas bien conocidos que trabajaban con bacterias, Carl y Gertrude Lindegren, reunieron un buen número de resultados que no se ajustaban a las proporciones esperadas de descendientes en cruces de acuerdo con las leyes de Mendel.<sup>9</sup> Los Lindegren, que habían sido considerados como investigadores confiables y compe-

<sup>8</sup> La historia clásica del lisenkismo está en David Joravsky, *The Lysenko Affair* (Cambridge, Mass., 1970). Un examen sobre el estado de la genética y el weissmanismo que fueron el antecedente del nacimiento del lisenkoísmo está en Richard Levins y Lewontin, "The Problem of Lysenkoism" en *The Radicalisation of Science: Ideology off/in the Natural Sciences*, ed. Hilary Rose y Steven Rose (Londres, 1979), pp. 32-64.

<sup>9</sup> Véase Carl C. Lindegren, *The Yeast Cell, Its Genetics and Cytology* (San Louis, 1949).

tentes, rápidamente fueron relegados y sus conclusiones se volvieron objeto de burla en los cocteles de los congresos científicos. Alrededor de 10 años después, nuevos descubrimientos en genética molecular completamente independientes hicieron que se pudieran esperar resultados no ortodoxos, parecidos a los obtenidos por los Lindegren, y se produjo entonces una gran cantidad de evidencias similares y ahora asimilables. Siendo así, las observaciones de los Lindegren fueron incorporadas, pero como reliquias históricas, como prefiguraciones de pruebas, pero sin que desempeñaran ningún papel en el establecimiento de nuevas ideas.

No siempre es posible impedir la conversión de observaciones en evidencias inquietantes mediante el recurso de marginar a quienes las obtienen. Durante 25 años, una de las principales genetistas del mundo, Barbara McClintock, reportó en conferencias y en publicaciones que los genes del maíz "saltaban" de un cromosoma a otro.<sup>10</sup> Nadie creyó esto posible, pero McClintock era de tan alta posición (era una de las pocas mujeres miembros de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos), indudable sensatez, y gran capacidad, que sus observaciones no podían ser rechazadas. La reacción general entre sus colegas fue de confusa perplejidad y de forzado reconocimiento de que algo singular estaba ocurriendo, pero, nadie trató de encajar sus observaciones con el entendimiento de la genética, excepto un genetista del maíz. Entonces, en la década de 1970, líneas de evidencia empezaron a aclarar que un mecanismo molecular simple tendría como resultado el movimiento del material genético de su localización en un cromosoma a la de otro, y que los "elementos transponibles" no eran raros en absoluto. McClintock recibió un crédito enorme como profeta y retroactivamente sus resultados llegaron a ser evidencia, aunque nunca más de importancia fundamental.

#### LOS CÁNONES DE LA EVIDENCIA

La exigencia de rigor en el diseño experimental por parte de la inferencia teórica varía ampliamente de un campo a otro en la ciencia, y a veces entre dominios de investigación relacionados muy de cerca. Mientras que hay algo de clara racionalidad en los contornos generales de estos cánones de evidencia, existen también acuerdos informales de incierta justificación acerca de lo que constituye una evidencia. Por ejemplo, al establecer la secuencia de ADN de un gene que nunca antes ha sido secuenciado, es obvio, por razones técnicas, que ambas hebras de la doble

<sup>10</sup> Véase Evelyn Fox Keller, *A Feel for the Organism: The Life and Work of Barbara McClintock* (San Francisco, 1983).

hélice deben ser secuenciadas independientemente, aún cuando en principio, una hebra puede ser inferida de la otra. La regla informal, sin embargo, es que, además, una de las dos hebras complementarias debe tener su secuencia determinada dos veces. Naturalmente, mientras más independiente sea la información será mejor, pero, ¿por qué sólo dos veces? La regla simplemente se ha vuelto un estándar sobreentendido de manera comunitaria.

Los orígenes de las diferencias en el rigor requerido no siempre son fáciles de discernir, pero, algunas veces es obvio que la ideología es una fuerza dominante. Repetidamente, cuando los supuestos ideológicos y las exigencias de rigor entran en conflicto, los científicos naturales han adoptado estándares de evidencia que generalmente desdeñarían, como pertenecientes a dominios del conocimiento "más flexibles". Hay dos episodios recientes en genética y evolución que sólo pueden ser entendidos como el triunfo de la ideología sobre el rigor científico.

La mayor agonía de la vida social y política en las sociedades con burguesías democráticas ha sido la contradicción entre la ideología de la igualdad, por un lado, y las desigualdades manifiestas en la posición social, la riqueza y el poder, junto con la transmisión de este último de padres a hijos, por el otro. La manera dominante de explicar la divergencia entre ideal y realidad es postular que entre los individuos hay diferencias intrínsecas y biológicamente heredables, tanto de temperamento como de habilidad, que dan cuenta de sus distintos papeles y poderes sociales. Una manifestación particular de esta afirmación es que la inteligencia, medida por los exámenes de IQ, es biológicamente heredada, y que las clases superiores son biológicamente mejores que el *lumpenproletariat*.<sup>11</sup> La evidencia ofrecida en favor de esta afirmación proviene de las comparaciones estadísticas de los registros de las pruebas de IQ entre parientes en diversos grados, incluyendo la comparación entre gemelos idénticos. El análisis es una aplicación especial a los registros de los IQ humanos, de una metodología general para el estudio de la genética de los caracteres continuamente variables, la cual tiene una historia muy larga. Se utiliza la misma metodología para entender el rendimiento en el maíz y en la tasa de crecimiento del cerdo. Existe un supuesto en las bases más profundas del método, según el cual la similitud entre parientes únicamente deriva de su herencia compartida biológicamente y no de su ambiente común. A menos que este supuesto no se satisfaga, *absolutamente ninguna estimación de la influencia de los genes puede ser llevada a cabo*. Por tal razón los cánones de evidencia en la genética de plantas agrícolas y animales domésticos exigen que las similitudes am-

<sup>11</sup> Para una discusión del debilitamiento de los cánones de la evidencia en este caso, véase Leon Kamin, *The Science and Politics of IQ* (Potomac, Md., 1974).

bientales sean rigurosamente excluidas. En los humanos, con una familia y una estructura de clases, es casi imposible eliminar las correlaciones ambientales, y aún así los genetistas cuantitativos que estudian la heredabilidad del IQ humano, le dan un reconocimiento escaso, o nulo, o una justificación elaborada por supuestos *a priori* acerca del ambiente. Los trabajos sobre el tema que aparecen en las revistas de genética del comportamiento nunca recibirían un dictamen positivo para publicación en las revistas de agronomía o crianza animal. *Quod licet Jove non licet bove*. Si las rigurosas demandas reconocidas por los criadores de cerdos fueran aplicadas a la genética del comportamiento humano, no se podría hacer ninguna afirmación fuerte acerca de la heredabilidad del IQ, y desaparecería la evidencia empírica sobre la cual está construido el argumento biológico determinista.

Junto a la afirmación de que existen *diferencias* heredables entre los individuos está la teoría de que también hay *generalidades* heredables del comportamiento humano que constituyen "la naturaleza humana". Las generalidades, que se dice incluyen la xenofobia, la agresión, la religiosidad, el carácter empresarial, la adoctrinabilidad, están presuntamente codificadas en el genoma humano. Su posesión hace imposible la creación de ninguna sociedad que no esté basada en jerarquías de posición social, riqueza y poder. Esta teoría ha alcanzado una inmensa popularidad tanto en el discurso erudito como en el público, con el nombre de sociobiología humana.<sup>12</sup> Existen dos líneas de observación ofrecidas como evidencia de la existencia de genes codificadores de la naturaleza humana. La primera es que muchos animales, incluyendo monos y chimpancés, presentan algunas de estas características (aunque quizá carecen de los genes para la religiosidad); y, después de todo, somos descendientes de primates no humanos y obtuvimos nuestros genes de ellos. La segunda es que si miramos a nuestro alrededor, la mayoría de las personas cumple con la descripción, así que sobre este fundamento exclusivamente debemos asumir que los genes subyacen en las bases de nuestra naturaleza.<sup>13</sup> Es difícil saber qué haría un criador de cerdos con tal argumento, aunque más de un genetista de estos acepta los postulados de la sociobiología humana. Desde luego, cada persona puede exigir criterios de prueba muy diferentes para propósitos distintos.

Una segunda característica del argumento sociobiológico es que la se-

<sup>12</sup> Véase Edward O. Wilson, *On Human Nature* (Cambridge, Mass., 1978).

<sup>13</sup> Así, Wilson escribe acerca de la división sexual del trabajo: "En las sociedades cazadoras-recolectoras, los hombres cazaban y las mujeres se quedaban en casa. Este fuerte prejuicio persiste en la mayoría de las sociedades agrícolas e industriales y, sobre esa base exclusivamente, parece tener un origen genético" (Wilson, "Human Decency Is Animal", Revista *New York Times*, 12 oct., 1975, p. 48).

lección natural ha establecido los genes de la naturaleza humana porque esta última asegura la probabilidad de sobrevivencia y reproducción de sus poseedores. En genética evolutiva y demografía existe una metodología bien establecida para estimar la sobrevivencia y la fertilidad de diferentes tipos, con la posterior utilización de estas mediciones para hacer predicciones acerca de la selección natural. La sociobiología humana no utiliza ninguno de estos aparatos. En lugar de ello, solamente usan argumentos hipotéticamente plausibles para hablar "justo como en los cuentos" acerca de la superioridad de la actual naturaleza humana. La sustitución de anécdotas por cánones rigurosos de evidencia está reforzada por la existencia de una comunidad separada de sociobiólogos con sus propias revistas, sociedades y simposios.

Lo que nos enseñan los ejemplos de la genética del IQ y la sociobiología no es que la ideología ejerce una influencia en las teorías científicas, idea que es obvia para cualquier historiador o teórico social (aunque muchos científicos la niegan).<sup>14</sup> Más que eso, nos advierte que la calidad de la evidencia misma es adaptada para llenar las demandas ideológicas. En esto, como en cualquier otra cosa, la ciencia natural, en tanto un camino para el entendimiento de la naturaleza, difiere un poco menos de otros sistemas del conocimiento de lo que hubieran creído quienes la practican.

<sup>14</sup> Como un ejemplo, considérese la indignación del famoso químico M. F. Perutz ante la reclamación de que Darwin debía su idea sobre la selección natural y la lucha por la existencia a su lectura acerca de economía política del siglo XIX y a su inmersión en la ideología del liberalismo del mismo siglo. Véase M. F. Perutz, "High on Science", *New York Review of Books*, 16, agosto, 1990, pp. 12-15.

SEGUNDA PARTE

EL PROGRESO EN LA CIENCIA  
Y EN LA BIOLOGÍA



## VII. LA IDEA DE PROGRESO EN BIOLOGÍA

ANA BARAHONA

LA IDEA DE PROGRESO, aplicada tanto a la historia de la humanidad como a la naturaleza, se empieza a desarrollar en el Renacimiento. Los antiguos griegos veían el mundo en términos de ciclos eternos, y no es sino hasta el siglo XVI cuando se empieza a pensar en la posibilidad de que la historia de la humanidad y la naturaleza pudieran haber tenido un desarrollo "progresivo". La idea de progreso aplicada a la acumulación del conocimiento, por ejemplo, es debatida a partir de ese momento. La creencia en el progreso fue asociada con la idea de cambio, desarrollo o dirección.<sup>1</sup>

Francis Bacon definió en el siglo XVII un programa para una gran renovación del saber. En este programa, Bacon dio las pautas para un concepto de progreso que esclareció las ideas progresistas: en la esperanza de un gradual crecimiento del saber, la utilidad sería el fin del conocimiento. El verdadero fin del saber, decía Bacon, era mejorar la vida humana; el legítimo fin de la ciencia era dotar a la vida humana de nuevas invenciones y riquezas, y en el caso de las ciencias naturales, establecer el dominio humano sobre la naturaleza. El verdadero fin del conocimiento no es el placer de la mente, o la superioridad sobre los otros, la fama o el poder, sino el beneficio y uso para la vida, para extender el poder y dominio de la raza humana sobre el universo. Según Bacon, para progresar era crucial la capacidad de la mente humana para descubrir verdades útiles para el bienestar y mejoramiento de la humanidad. Comenzando con la evidencia de los sentidos y dependiendo de la construcción de instrumentos y el desarrollo tecnológico, Bacon pensaba que podrían establecerse estados progresivos de certeza. La tecnología aumentaría la fuerza del entendimiento humano y garantizaría el progreso.

Esta idea constituyó un axioma para una doctrina general del progreso que se desarrolló en los siguientes siglos, y que, de manera muy particular, afectó el desarrollo de la biología en los siglos XVIII y XIX.

Durante el siglo XVIII el progreso se vio como el mejoramiento continuo del hombre. La idea de que el hombre y la civilización progresarían perpetuamente fue desarrollada extensamente por el marqués de Con-

<sup>1</sup> J. Bury, *La idea del progreso*, Madrid, Alianza Editorial, 1971.



dorcet en el siglo XVIII. Condorcet basaba su idea de progreso en la analogía entre la raza y el individuo, cada uno aprendiendo a través de la experiencia desde sensaciones sencillas hasta ideas complejas. Y así como los individuos son capaces de almacenar información, los miembros de una especie crean una memoria colectiva de habilidades y conocimiento. Cada estadio de la historia es, para Condorcet, el resultado de lo que ha ocurrido en momentos previos.

A finales del siglo XVIII Condorcet propuso que la naturaleza no había puesto límites al perfeccionamiento de las facultades humanas, y que la perfectibilidad del hombre era infinita. El límite de este progreso era, para Condorcet, el límite de la duración de la Tierra.

Posteriormente, Kant y otros filósofos creyeron que debía buscarse lo que se llamó "la ley de progreso", que caracterizó no sólo a la naturaleza, sino a la humanidad y sus instituciones en los siglos posteriores.

En este texto examinamos varias de las ideas de progreso que han sido importantes en el desarrollo de la ciencia moderna y la biología en particular. Esto nos permitirá situar mejor los diferentes artículos que se presentan en esta sección.

#### EL PROGRESO EN BIOLOGÍA

La idea de progreso en la biología está ligada al concepto de *scala naturae* o la gran cadena del ser que se puede trazar hasta Aristóteles. Para él, la naturaleza pasaba de los objetos inanimados hasta las plantas y los animales, en una secuencia lineal. Por ejemplo, Aristóteles pensaba que muchos animales marinos, como las esponjas y las anémonas, se parecían más a las plantas que a los animales.

Este concepto tomó formas nuevas en los siglos XVII y XVIII,<sup>2</sup> durante los cuales la noción de la escala del ser o escala natural estaba basada en la idea de una continuidad lineal desde el mundo inanimado de objetos hasta las plantas, los animales inferiores, los animales superiores y el hombre. Al mismo tiempo, esta cadena del ser era estática, ya que fue creada como perfecta, y cualquier cambio era considerado como un deterioro o una degradación.

En el siglo XVII, en contraste con los filósofos fisicalistas de su época (quienes, como Descartes, pensaban que la naturaleza era uniforme e invariante de generación en generación),<sup>3</sup> Leibniz tuvo una gran preocupación por entender a la naturaleza como un todo. Para Leibniz, la na-

<sup>2</sup> A. O. Lovejoy, *The Great Chain of Being*, Harvard University Press, 1936.

<sup>3</sup> Descartes pensaba que la naturaleza guardaba una constancia matemática y solo aceptaba el desenvolvimiento de un potencial ya existente.

turaleza no podía explicarse simplemente a partir de las partes que constituyen un mecanismo, las cuales eran consideradas como causas físicas. La naturaleza era algo más que la suma de cantidades, y fue uno de los primeros pensadores que vio la importancia de la calidad. Su interés en la escala natural, con un énfasis en la continuidad y la plenitud, lo llevó a proponer que la potencialidad de la naturaleza era ilimitada, y por lo tanto, el progreso que podía alcanzar la humanidad no tenía fin. Para Leibniz, la continuidad y la plenitud (todo lo que es posible, existe actualmente),<sup>4</sup> lo llevaron a postular que el cambio entre los niveles es tan infinitesimal, que la cadena es prácticamente continua.

Los dos elementos de esta idea, por un lado la continuidad y la gradualidad, y por otro, la dirección hacia el progreso, afectaron el desarrollo de la biología, en particular, los conceptos de continuidad y gradualidad constituyeron requisitos indispensables para el desarrollo de la biología evolutiva en siglos posteriores. Como dice Leibniz en 1712, "todo en la naturaleza marcha por grados, y no por saltos, y esta regla que controla los cambios es parte de mi ley de la continuidad". En efecto, esta idea de continuidad y gradualidad de Leibniz fue una de las piedras angulares del pensamiento transmutacionista del siglo XIX, con su énfasis en el progreso.

Esta idea de la tendencia hacia la perfección de la escala natural se basaba y expresaba de maneras diversas: se concebía como una adquisición de más alma, más conciencia o más razón, pero, básicamente, todas ellas postulaban la existencia de lo perfecto, continuo y lineal como un ideal, ya que ninguna observación confirmaba su existencia. El más importante seguidor de la idea acerca del progreso de Leibniz fue Charles Bonnet (1720-1793). Bonnet estableció una elaborada cadena continua de seres naturales en el cual las ardillas voladoras, los murciélagos, y las ostras, representaban los eslabones entre los mamíferos y las aves, estableciendo la continuidad de la cadena. Bonnet escogió la organización como criterio para determinar el lugar que ocupaba un ser vivo en la cadena.

Para evitar la aparente contradicción entre la idea de Leibniz de que nada nuevo es creado, ya que el potencial para todo es pre-existente (principio de plenitud), y la extinción de seres vivos, Bonnet interpretó

<sup>4</sup> A. O. Lovejoy nombró al principio de plenitud e hizo ver cómo estaba presente en la historia de la ciencia y la filosofía de Occidente, desde Platón pasando por los filósofos racionalistas como Spinoza y Leibniz, hasta la ilustración. De acuerdo al principio de plenitud que se encuentra ligado a la cadena del ser, el universo consiste en una jerarquía de seres en donde toda forma posible, existe. Durante el siglo XVIII, este principio fue "temporalizado", de modo tal que cada posible forma de ser vivo existiría, no necesariamente durante todo el lapso de tiempo, sino en algún estadio de la totalidad del tiempo.

los fósiles como estados anteriores de organismos existentes. Para Robinet éste es "el primer axioma de la filosofía natural, que la escala del ser constituye un todo infinitamente gradual, sin líneas reales que la dividan, sólo hay individuos, y no reinos, o clases, o géneros o especies". La cadena del ser se debía a sucesivos actos de creación, sin evolución o continuidad genética. El rápido y extenso desarrollo de la geología y la paleontología en el siglo XIX confirmó la idea de que existía una secuencia de poblaciones diferentes en el curso de la vida en la Tierra. A partir de esta idea empezó a desarrollarse la creencia acerca del proceso de desarrollo, que sirvió de base en los debates evolucionistas, siendo la evidencia fósil utilizada tanto por los oponentes como por los seguidores del evolucionismo.

En el siglo XVIII, particularmente en Francia, la idea de progreso (en especial la creencia en el progreso humano) fue muy importante. Algunos de los naturalistas se habían preguntado si podíamos hablar de un patrón definido de desarrollo. Por ejemplo, Buffon postulaba en su teoría de la Tierra, que ésta se había enfriado paulatinamente y que las primeras formas vivas tuvieron que adaptarse a temperaturas más altas de las conocidas actualmente. Bonnet y Robinet, por su parte, pensaban que la gran cadena del ser podía verse como un plan de desarrollo orgánico, definido en sus etapas por un ser divino que había planeado la jerarquía a lo largo de la cual la vida había progresado.

Esta idea de que la vida necesariamente había progresado a lo largo de una escala, también fue incorporada durante el siglo XIX por Lamarck, con el objeto de explicar dos tipos de cambios: la adaptación y los diferentes niveles de organización. Lamarck pensaba en la progresión de los organismos menos avanzados a los organismos más avanzados. Según Lamarck, los organismos se transformaban a través del tiempo, en un proceso que iba de las formas menos complejas a las más complejas, repitiéndose sucesivamente. Para este autor, la vida aparecía por generación espontánea en sus formas más simples, siendo éste el punto de partida para el ascenso gradual y progresivo en la escala, hacia formas más complejas. Este ascenso, para Lamarck, podía modificarse a partir de la necesidad de los organismos de adaptarse a las condiciones cambiantes del medio.

Esta interpretación de la evolución definida por Lamarck identificó un principio de progreso al que llamó gradación, el cual era responsable del cambio inmanente en la organización. En este contexto lamarckiano, la adaptación pasó a un segundo plano, al ser un ajuste de las especies a su medio.

Sin embargo, estas ideas de progreso se desarrollaron de manera especulativa. No fue sino hasta que Cuvier desarrolló la paleontología

comparada, cuando se obtuvo evidencia de que la vida había sufrido alguna forma de patrón progresivo. Para poder establecer una teoría de la progresión debían incluirse dos componentes básicos. Por un lado, la idea de una jerarquía o escala de organización que defina qué significa ser más avanzado, y por el otro, una escala temporal donde pueda observarse el progreso.

Una vez aceptada la división de las escalas geológicas originada por Cuvier y perfeccionada por Lyell, el debate básico acerca del progreso se centró en si los fósiles probaban, de manera aceptable, una tendencia hacia las formas superiores. Lyell, de manera representativa entre los paleontólogos del siglo XIX, defendió la idea de que la jerarquía en la organización era clara, sobre todo en el desarrollo de los vertebrados. Los peces más simples, seguidos de los reptiles, las aves y los mamíferos, mostraban una clara progresión hacia la complejidad.

Sin embargo, en el momento de tratar de definir con más detalle la mera sucesión de clases, apareció el debate de si el desarrollo de la vida era un proceso continuo. Esto llevó a los naturalistas del siglo XIX a expresarse con respecto a las causas del progreso.

Por un lado, los creacionistas y seguidores de Cuvier explicaban el progreso como una secuencia de formas vivas directamente determinada por las condiciones cambiantes de la superficie de la Tierra. Debido a las altas temperaturas, las diferentes concentraciones de dióxido de carbono en la atmósfera, niveles de agua, etc., los periodos geológicos más antiguos eran invivibles para formas superiores de vida. Cuando las condiciones cambiaron, Dios fue capaz de crear animales superiores, y la vida "progresó". Para estos naturalistas, la organización jerárquica no definía la creación, sino que sólo servía como un indicador de las necesidades cambiantes de adaptación.

Por otro lado, Louis Agassiz y otros naturalistas propusieron una visión alternativa al progreso. Para Agassiz, el progreso no estaba relacionado con los cambios físicos de la Tierra, a pesar de que él sabía que el desarrollo de la vida no era totalmente independiente de los cambios climáticos. Para Agassiz, la progresión era la esencia de un plan de Dios que había decidido seguir durante la creación. El hombre era el objetivo de este plan, y la secuencia progresiva representaba, entonces, un avance hacia la forma humana que hubiera ocurrido independientemente de que las condiciones físicas cambiaran.

Estos dos puntos de vista difieren básicamente respecto al papel que el diseño de un ser superior desempeña en la naturaleza: el diseño relacionado con un propósito, y el diseño en el sentido de orden. Cuvier y los catastrofistas que explicaban el progreso de la vida como el resultado de las condiciones cambiantes, siguen el primero. Esta versión puede in-

tegrarse a la teología natural de Paley, en la cual la adaptación de los organismos al ambiente era la prueba de la benevolencia del creador y su diseño la medida en que éste se preocupaba por los seres que había creado. El progreso, entonces, se da en la medida en que, cuando las condiciones cambian, Dios mantiene el estado de adaptación por medio de nuevas creaciones.

Agassiz y Chambers, por otra parte, interpretaban el diseño en el sentido de un orden o patrón que podía observarse en la naturaleza como un plan trascendental, en el cual todas las formas están relacionadas de tal manera que en la cima se llega al hombre. El desarrollo de la naturaleza y de la mente sigue un plan predeterminado y progresivo hacia el hombre.

Una de las inferencias que se derivaban del registro fósil era el aparente desarrollo progresivo de la vida en el tiempo, desde las formas simples hasta las más complejas. La posibilidad de este progreso ya había sido dibujada durante el siglo XVIII, pero fue a partir del siglo XIX cuando obtuvo gran popularidad porque evidenciaba el paralelo con la creencia en el progreso social. Los filósofos sociales del siglo XIX veían el progreso de la vida como un corolario perfecto a sus propias creencias en el progreso social. Esta idea tuvo más influencia en el siglo XIX gracias a la teoría de la evolución, que incluye al hombre dentro de la naturaleza.

#### EL PROGRESO CIENTÍFICO EN EL SIGLO XIX

En el texto de Sergio Martínez que se presenta a continuación el autor nos hace ver que para la filosofía positivista de la primera mitad del siglo XIX, la ciencia está en continuo crecimiento pero no se considera como sujeta a cambio: las ciencias van pasando por etapas críticas y al hacerlo se van integrando al saber positivo, al saber que ya no está sujeto a cambio.

Por ejemplo, para W. Herschel, uno de los principales científicos y filósofos del siglo XIX, el progreso de la ciencia se daba como una acumulación de generalizaciones "que iban encajando en un plan ya establecido a partir de las leyes de Newton". Conforme avanza el siglo XIX, se va poniendo en duda esta idea, según la cual las ciencias alcanzan su madurez, y al hacerlo, ya no están sujetas a un proceso histórico de cambio.

W. Whewell, durante la segunda década del siglo XIX, critica esta noción de ciencia positiva y la idea de progreso asociada a ella. Para Whewell había una distinción metodológica clara entre las ciencias que explicaban procesos históricos y las explicaciones que ofrecía la mecánica,

que tenían un estatus privilegiado al que otras ciencias podían aspirar, pero sólo en la medida en que se basaban en leyes que eran accesibles a nuestra experiencia inmediata.

Desde esta perspectiva, nos dice el autor, toda explicación histórica genuina (como en la economía política, la geología o la historia natural) era una explicación de segunda en la medida que recurría a causas que no eran accesibles a nuestra experiencia inmediata.

El modelo positivista de ciencia no necesitaba de Dios porque pretendía que había un criterio de corrección de la ciencia que dependía de la confiabilidad de nuestra experiencia inmediata. Whewell critica esta concepción precisamente porque no le deja un lugar a Dios en la construcción del conocimiento científico. Whewell hace ver que incluso en la física, un punto de vista dinámico requiere de un concepto de fuerza como algo que permita un desarrollo hacia un fin, y por lo tanto, una teoría de la ciencia tenía que dar cuenta de aspectos teleológicos en las explicaciones. Whewell pretendió argumentar que un mundo donde el equilibrio no está asegurado por la naturaleza de las cosas, se colapsaría, a menos que Dios desempeñara un papel activo en la ejecución del plan de creación.

Aunque Chambers sugiere que el mundo es un complejo de procesos en evolución, y que ésta obedece a leyes, es Spencer, quien primero trata de fundamentar filosóficamente la idea. Según Spencer, la identificación entre historia y progreso que hace Whewell es correcta, pero esta identificación no requiere del supuesto de un Dios ejecutor, sino del supuesto de una ley general del progreso. Ésta será también la idea de Darwin. Es claro que hacia finales del siglo XIX el supuesto de una evolución cósmica no puede dar cuenta ni del desarrollo de la ciencia ni del concepto de progreso científico y mucho menos social.

#### EL PROGRESO EN DARWIN

En este contexto, en el siglo XIX aparece la teoría darwinista de la evolución por selección natural. Marcando una diferencia importante con sus predecesores, Darwin no comparte ninguna de las ideas sobre el diseño que se discutían en el siglo XVIII, el diseño relacionado con un propósito, y el diseño en el sentido de orden. Darwin no sólo tomó la adaptación a las condiciones cambiantes como la medida básica de la historia de la vida, sino que para él, la adaptación era un proceso que eliminaba la necesidad del control de Dios. Para Darwin la creación no tenía un objetivo particular ni representaba el desenvolvimiento de un plan divino. Aunque él en ocasiones parece reconocer que existe una tendencia de la

vida hacia el progreso, lo postuló como un producto indirecto de la selección natural, equivalente sólo como un progreso estadísticamente inevitable.

En 1858 Darwin anunció públicamente su teoría de la evolución por selección natural. Un año después apareció el ahora famoso libro *El origen de las especies*, el cual marcaría un punto determinante en la historia de la ciencia en general y de la biología en particular.

Darwin ofreció una explicación causal de la evolución, en la cual el mecanismo de la selección natural operaba sobre las variaciones naturales, escogiendo de entre éstas aquellas que les fueran más beneficiosas a sus portadores, garantizando su reproducción. A partir de este momento, los fenómenos naturales podían ser explicados como consecuencias de leyes inmanentes, sin necesidad de postular agentes o mecanismos sobrenaturales.

La teoría de la evolución por selección natural de Darwin proponía que la evolución de los seres vivos se debía a mecanismos biológicos (la selección natural fundamentalmente) que actuaban sobre la variación en la naturaleza, resultando en un proceso gradual que podría explicar tanto la adaptación de los organismos a su medio, como la diversidad de especies animales y vegetales. Esta teoría causó grandes polémicas, muchas de las cuales están hoy presentes no sólo en la biología sino en la filosofía de la ciencia. Una de estas polémicas es si existe o no, el progreso biológico.

En *El origen de las especies* Darwin explicaba:

La selección natural obra exclusivamente mediante la conservación y acumulación de variaciones que sean provechosas, en las condiciones a que cada ser viviente está sometido en todos los periodos de su vida. El resultado final es que todo ser tiende a perfeccionarse más y más, en relación con las condiciones. Este perfeccionamiento conduce inevitablemente al progreso gradual de la organización del mayor número de seres vivientes, en todo el mundo.<sup>5</sup>

Aún así, Darwin no deja claro qué debería entenderse por "progreso en la organización". Para Darwin, el criterio más adecuado para hablar de progreso biológico sería el de von Baer: el grado de diferenciación de las partes del mismo ser orgánico y su especialización para funciones diferentes, o bien, el perfeccionamiento en la división del trabajo fisiológico. Sin embargo, este criterio presentó dificultades obvias para Darwin ya que no explicaba la existencia de especies mucho más desarrolladas que otras, o por ejemplo, no explicaba porqué las formas más perfeccionadas no han suplantado de manera natural a las menos desarrolladas.

<sup>5</sup> C. Darwin, *El origen de las especies*, Conacyt, año 1981, pp. 195-196.

Para Darwin estas cuestiones eran fundamentales, pues en su esquema "la persistencia de organismos inferiores no ofrece dificultad alguna, pues la selección natural, o la supervivencia de los más aptos, no implica necesariamente desarrollo progresivo; saca sólo provecho de las variaciones a medida que surgen y son beneficiosas para cada ser".<sup>6</sup> Más aún, para Darwin era claro que sin la prueba empírica de los primeros pasos en el progreso o diferenciación de las partes, "la especulación sobre este tema es casi inútil". Lo que es claro es que la misma actuación de la selección natural nos conduce a formas más "adaptadas", más "perfeccionadas" en relación consigo mismas.

Darwin consideraba las adaptaciones como el resultado directo o primario de la selección natural, pero los cambios en los niveles de organización eran considerados secundarios o acumulativos, efecto de muchas mejoras adaptativas en la estructura y función del cuerpo. De hecho, para Darwin existían limitaciones importantes para distinguir los cambios de organización en los niveles de organización, viendo el progreso como relativo. Así pues, para Darwin la selección natural era la responsable de las continuas mejoras y el aumento gradual de la organización, mientras que enfatizaba que la acción de la selección natural no implicaba necesariamente el desarrollo progresivo.

Según Michael Ruse,<sup>7</sup> en Darwin encontramos dos vertientes: la primera es la idea darwiniana de competencia. La selección natural lleva a la adaptación, pero relativa, ya que se es tan bueno como la última victoria. Cuando se entra en contacto con otros organismos, la lucha por la existencia continúa, el más apto gana, y mientras más a prueba se ponga una característica, mejor es capaz de funcionar. La segunda se refiere a la tendencia a la divergencia y especialización como pruebas de progreso biológico. Combinando estas dos vertientes, Darwin concluye que la competencia lleva precisamente a la especialización, en la cual el progreso se obtiene por medio de la selección natural como la fuerza motriz de la evolución.

Robert Richards,<sup>8</sup> por otra parte, opina que, aunque Darwin habla de progreso evolutivo muy cautelosamente, sí piensa que la selección natural puede construir el progreso biológico y la perfección moral. De acuerdo con Richards, para Darwin la selección constante en ambientes diversos produciría necesariamente organismos más evolucionados. Este

<sup>6</sup> *Ibid.*, pp. 197.

<sup>7</sup> M. Ruse, "Molecules to Men: Evolutionary Biology and Thoughts of Progress", en *Evolutionary Biology*, Matthew H. Nitecki (comp.), Chicago Press, 1988, pp. 97-126.

<sup>8</sup> R. J. Richards, "The Moral Foundations of the Idea of Evolutionary Progress: Darwin, Spencer, and the Neo-Darwinians", en *Evolutionary Progress*, M. H. Nitecki (comp.), Chicago Press, 1988, pp. 129-148.



concepto de “evolución progresiva”, dice Richards, podría explicar la visión teleológica de muchos naturalistas de su época, quienes creían que los organismos más antiguos eran inferiores en la escala de la vida a los organismos más recientes. Tal es el caso de Lamarck y Spencer.

Lamarck veía a todos los organismos formando parte de una escalera en movimiento, donde el cambio era progresivo, desde el momento en que por generación espontánea aparecían los organismos “inferiores”, hasta los “superiores”, y el hombre. La conexión entre los organismos inferiores y los superiores no era el cambio azaroso sino la necesidad inmanente del cambio.

Herbert Spencer, contemporáneo de Darwin, se convirtió en uno de los darwinistas más radicales del siglo XIX y principios del XX. Para Spencer la idea de progreso se aplicaba no sólo al mundo biológico sino que era parte de una ley general, que dirigía lo simple hacia lo complejo, de lo homogéneo a lo heterogéneo.<sup>9</sup> Para Spencer el proceso en su conjunto indicaba que mientras más cambio se produjera en la organización o la estructura, se generaría más complejidad. Spencer fue quien extendió la idea de sobrevivencia del más apto —que Darwin introduciría en *El origen de las especies*— a las actividades económicas y sociales, conformando lo que se conoce como darwinismo social.

Otras interpretaciones<sup>10</sup> aseguran que Darwin utilizaba como sinónimo de cambio la palabra progreso y que sólo recurría a ésta en pocas ocasiones, manteniéndose dudoso al respecto, tanto del progreso en el registro fósil, como del papel de la selección natural en el “mejoramiento” de las especies.

#### EL PROGRESO DESPUÉS DE DARWIN

Después de Darwin, continuó la polémica acerca de la existencia o no del “progreso biológico”. De hecho, desde entonces el pensamiento evolutivo ha estado permeado por la idea de progreso.

Ernst Haeckel, gran defensor del darwinismo en Alemania, era un progresionista declarado. Las concepciones de Haeckel respecto al progreso incluían la idea de que la embriología estudia las formas emergentes, pero incorporando relaciones causales entre las formas inferiores y

<sup>9</sup> H. Spencer, “Progress: Its law and cause”, *Westminster Review*, 1857, 9, pp. 445-485. Spencer, “Letters on the Proper Sphere of Government”, *The Nonconformist*, junio 15-23 noviembre, 1942.

<sup>10</sup> S. J. Gould, “On Replacing the Idea of Progress with an Operational Notion of Directionality”, en *Evolutionary Progress*, Matthew H. Nitecki (comp.), Chicago Press, 1988, pp. 319-138.

las superiores, hasta llegar al hombre como la forma superior de desarrollo de la vida. Haeckel recurre a una vieja teoría, la recapitulación, explicándola a la luz de la concepción transformista y nombrándola "ley biogenética". Con esta ley pretendía explicar los cambios evolutivos de los seres vivos, partiendo del desarrollo del individuo (la ontogenia) para explicar la historia de las series de organismos (la filogenia). Las secuencias históricas provocaban efectos causales, explicando el desarrollo de organismos superiores como la recapitulación de los estados permanentes de la vida adulta de organismos inferiores. Esta afirmación le costó a Haeckel fuertes críticas de los embriólogos de finales del siglo XIX, quienes sostenían que no podían compararse embriones (formas temporales) con adultos (formas permanentes), y por otra parte esta idea de que un organismo sucede a otro daba cabida a una concepción de evolución lineal, de una continuidad material a través del tiempo. Mientras más alejado en el desarrollo está un organismo, está más avanzado.

Esta concepción continuista de los seres vivos, expresada en una idea de continuidad hereditaria a través del tiempo a principios del siglo XX, fue revolucionada por la genética mendeliana que incorporó la visión de un material hereditario particulado responsable de las variaciones presentes en los organismos.

De esta forma, y como producto de la síntesis entre la genética y la teoría evolutiva de Darwin, Ronald Fisher en su libro *Teoría genética de la selección natural* (1930) propuso que el teorema fundamental de la selección natural debe entenderse como un mecanismo causal-progresivo. Para Fisher era claro que existe el progreso tanto relativo, es decir, la noción de éxito en la competencia de Darwin, como el absoluto, es decir, como un proceso que culmina en el hombre.

Posteriormente, Julian Huxley, Theodosius Dobzhansky, Ernst Mayr, George Gaylord Simpson y Ledyard Stebbins —conocidos como los arquitectos de la Síntesis Moderna— comparten una visión progresionista de la evolución biológica. Otros evolucionistas, como John Maynard-Smith, Richard Dawkins y O. B. Wilson, comparten la idea de que existe el progreso biológico.

#### EL PROGRESO EN LA ACTUALIDAD

La noción de progreso evolutivo, en la actualidad, es sumamente controvertida, y, básicamente, se pueden distinguir tres diferentes perspectivas. La primera, defendida por Michael Ruse y David Hull entre otros, sostiene que no existe prueba científica que nos lleve a aceptar cierta "direccionalidad" en la evolución biológica. Una segunda visión, defendida por Stephen J. Gould, sostiene que, en la medida en que remplacemos el

término de progreso (ya que éste es antropocéntrico), por el de "noción operacional de direccionalidad", tendremos un concepto sin valores o evaluación humanos. La tercera posición, defendida por Francisco J. Ayala, John Maynard Smith y William Wimsatt, sostiene que la noción de progreso evolutivo puede purgarse de sus connotaciones antropocéntricas y que podemos hablar de progreso desde el punto de vista científico, con base en las pruebas existentes.

Para Hull, debe tomarse con escepticismo la idea de que el registro fósil demuestra cierta direccionalidad, y que en general el incremento en la biomasa y la complejidad constituyen criterios de progreso. Según Hull, nada indica que el incremento de la biomasa está necesariamente acompañado de una direccionalidad hacia el aumento en la diversidad. De esta forma, para Hull el progreso no existe y piensa que las pruebas que supuestamente aportan una claridad acerca del progreso biológico, no muestran dirección alguna. Para Hull, la direccionalidad observada en el registro fósil depende exclusivamente de los criterios de clasificación utilizados, en donde las convenciones científicas de organizar los datos desde los más primitivos hasta los más avanzados, nos fuerza a construir una clasificación que va de los protozoarios a los vertebrados.

Para Hull, el cambio del término "progreso" por "direccionalidad", propuesto por autores como Gould, no resuelve el problema, precisamente porque no se puede hablar de progreso sin una dirección definida, en este caso el ser humano.

Gould, por su parte, reinterpreta el concepto de progreso a partir de nuevos datos en la biología evolutiva. La historia de la vida en la Tierra tiene un cambio direccional. Por ejemplo, las tendencias reales observadas en el registro fósil, o el reemplazamiento de poblaciones de animales en las diferentes épocas geológicas, nos permiten hablar de patrones direccionales progresivos. Para Gould, la nueva biología evolutiva debe reinterpretar los datos científicos con la perspectiva de un principio jerárquico de niveles que interactúan. Para Gould, las tendencias no son transformaciones graduales, sino que representan supervivencias diferenciales de las especies. Para Gould, el problema que representa la noción de progreso es semántico, pero en la medida en que optemos por hablar de direccionalidad, podemos hablar de la adaptación de los organismos como su causa.

La tercera perspectiva básicamente apunta hacia el hecho de que se puede hablar de progreso biológico si establecemos los parámetros científicos para medirlo. De esta forma estamos hablando de progreso "local", por ejemplo, en los mamíferos, la tendencia al aumento de tamaño mostraría un determinado "progreso biológico", mientras que el aumento en la cantidad de ADN en diferentes linajes evolutivos, nos mostraría

otro tipo de "progreso biológico". Para autores como Ayala, la noción de progreso puede definirse localmente de forma perfectamente científica.

En estos debates, la discusión se centra en dos aspectos fundamentales. El primero, la idea de que el progreso implica una proyección de los valores humanos y el segundo, la idea de direccionalidad en la evolución.

El caso más representativo de la introducción de los valores morales en la idea de progreso es Huxley, conocido como uno de los arquitectos de la síntesis moderna. En el artículo que presentamos en esta sección, William Provine sostiene que la idea de progreso de la síntesis moderna proviene de Huxley en su famoso libro *Evolution: The Modern Synthesis* (1942). En este artículo, Provine nos habla de que la idea de progreso en Huxley no es más que una imposición de sus valores culturales a sus ideas evolutivas.

Huxley escogió imponer los valores humanos en el proceso evolutivo como una explicación extra-científica de la aparición y desarrollo de la mente en el curso de la evolución. Provine nos ofrece un brillante análisis del cambio en el pensamiento biológico producido en la síntesis moderna por Huxley, quien quiso fundar una fe secular a partir del darwinismo biológico, basada en los valores morales del hombre. Para Huxley, nos dice el autor, el criterio para medir el progreso es antropomórfico: progreso es lo que conduce al ser humano. Ejemplos de progreso serían el aumento en la capacidad craneana con respecto al peso corporal, la longevidad de los taxa, el grado de adaptación, etc. El problema es que no existe, dice Provine, una forma fundamental de proceso evolutivo a partir de la cual evaluar el progreso. "Mi punto es que Huxley (y Dobzhansky) sabían que no había propósito en la evolución y sin embargo abrazaron la esperanza de que aún una evolución sin propósito debería llevar al mismo sentido de la vida que ofrece la evolución con un propósito... Cuando hay propósito en la evolución, puede haber verdadero progreso".<sup>11</sup>

Otro de los aspectos más debatidos es la idea de si existe, o no, una direccionalidad en la evolución. Como el progreso es obviamente definido a partir de valores subjetivos, en la actualidad los biólogos lo han cambiado por el concepto de dirección. Aún es difícil evaluar si la evolución biológica tiene una dirección sin decidir si ésta es o no progresiva. Dirección no implica progreso. El concepto de dirección implica que las series de cambios han ocurrido y pueden arreglarse en una secuencia lineal de tal forma que los elementos posteriores de la secuencia son re-

<sup>11</sup> W. Provine, "Progress in Evolution and Meaning of Life", en *Evolutionary Progress*, Matthew H. Nitecki (comp.), 1988, p. 64.

sultado de los anteriores o intermedios. Puede, sin embargo, distinguirse claramente entre progreso y direccionalidad en biología.

En esta perspectiva, Francisco J. Ayala opina en el artículo que presentamos a continuación, que los múltiples autores que hablan de progreso biológico empiezan por identificar un criterio de progreso y le atribuyen ciertos atributos. Estos autores están convencidos de que el criterio de progreso ha sido descubierto y no se dan cuenta, dice Ayala, que el concepto de progreso no es estrictamente científico. Ayala considera que es posible hablar de cambio direccional en contextos particulares, que puedan ser observados como estados avanzados. Para Ayala, sí es posible obtener una prueba científica de cambio direccional. El concepto de progreso puede aclararse comparándolo con otros conceptos relativos como son cambio, evolución y dirección. "Evolución, dirección y progreso implican una secuencia histórica de hechos que muestran una alteración sistemática de una propiedad o estado de los elementos de la secuencia".<sup>12</sup> Sin embargo pueden distinguirse en varios aspectos. Para Ayala el progreso ocurre cuando hay cambio direccional hacia una mejor condición. Hay que distinguir dos componentes en la noción de progreso: uno descriptivo, que se refiere al hecho mismo del cambio, y otro axiológico, o juicio de valor, que nos indica si el cambio implica un mejoramiento o un empeoramiento.

La discusión del artículo de Ayala radica en el establecimiento de criterios adecuados los cuales "dependen de la amplitud de información biológica de la que se dispone y también de si puede efectuarse una valoración".<sup>13</sup> Estos criterios pueden incluir mayor eficiencia, más abundancia, o más complejidad, pero sin hacer referencia a valores morales. Una vez que se han tomado los criterios de progreso, las decisiones acerca de si ha habido progreso y qué organismos son más o menos progresivos se puede hacer siguiendo dichos estándares y apegándose a los métodos de la ciencia. La valoración de estos criterios dependerá, dice Ayala, de si el uso de tales estándares nos lleva a aseveraciones científicas acerca de la evolución biológica. Este capítulo no agota la discusión acerca del progreso biológico, simplemente delimita el ámbito en el cual es pertinente hablar de progreso como un concepto filosófico que ha sido incluido en las polémicas históricas de la biología.

<sup>12</sup> F. J. Ayala, "Can 'Progress' be defined as a Biological Concept?", en *Evolutionary Progress*, Matthew H. Nitecki (comp.), 1988, pp. 75-96.

<sup>13</sup> F. J. Ayala, "Las reglas del juego de la vida, o ¿existe progreso en la evolución biológica?", *Ludus Vitalis*, vol. II, núm. 2, 1994, pp. 11.

## VIII. EL PROGRESO BIOLÓGICO\*

FRANCISCO J. AYALA\*\*

EN LAS PÁGINAS siguientes quiero explorar si existe progreso en la evolución de la vida y en qué consiste tal progreso. Veremos enseguida que la cuestión del progreso evolutivo es paradójica. Para resolverla será necesario definir la noción de "progreso" y descubrir los varios sentidos en que pueden aplicarse, las "clases de progreso". De interés especial es la distinción entre progreso "general" (que afecta a la vida sobre nuestro planeta en su conjunto) y progreso "particular". Una de las dimensiones en que la vida ha progresado es cuantitativa: a través del tiempo geológico, han ido existiendo más y más organismos, más y más *clases* (especies) de organismos, y más y más "flujo" vital. Este progreso cuantitativo es el único que es general en la evolución; todas las demás formas de progreso son particulares, afectando a unos u otros organismos pero no a todos. Ilustraré las formas de progreso particular con un ejemplo en el cual el progreso se mide por el aumento en la capacidad de percibir el ambiente y de reaccionar en consecuencia.

Inmediatamente después de definir "progreso" concluimos que se trata de un concepto que no es estrictamente científico, puesto que implica un juicio de valor. Ello no quiere decir que la noción de progreso deba ser excluida del discurso biológico, pero sí quiere decir que la noción de progreso implica un elemento subjetivo (la decisión de que sea mejor y que sea peor) que puede, no obstante, ser aplicado de manera objetiva. Esta aparente paradoja será aclarada enseguida.

### EL PROGRESO Y SUS PARADOJAS

A partir de un oscuro origen africano, la humanidad se ha extendido por toda la Tierra y se ha convertido, de acuerdo con múltiples criterios biológicos, en la especie preeminente. Los seres humanos son, sin duda,

\* Texto de la ponencia presentada en el Coloquio Internacional de Filosofía de la Ciencia "El juego de la vida, la vida en juego", el 25 de octubre de 1993, en Acapulco, México.

\*\* Department of Ecology and Evolution Biology, University of California, Irvine California 92717, USA. Mi interés en la cuestión del progreso, particularmente en relación con la evolución biológica, ha persistido por muchos años. He presentado y publicado dis-

los animales más inteligentes de la Tierra, capaces de llevar a cabo actividades éticas y religiosas que no se dan en otros organismos y de desarrollar una cultura que posee tecnologías y estructuras sociales avanzadas. Parece, pues, razonable considerar al hombre como el organismo supremo de la Tierra y concebir la evolución biológica como un proceso de progreso gradual que ha llevado de unos organismos primitivos a otros más avanzados y, finalmente, al hombre, cumbre de tal evolución progresiva.

Ciertamente, los organismos primitivos de hace tres mil millones de años no eran más complejos que las bacterias actuales, mientras que entre sus descendientes se incluyen formas tan distintas como las orquídeas, las abejas, los delfines y los seres humanos. Pero los descendientes incluyen también otras bacterias, que no son obviamente más avanzadas o progresivas que sus antepasados.

Los escritos sobre la evolución hablan de organismos más o menos "avanzados", de organismos "superiores" o "inferiores", y de organismos más o menos "progresivos". Pero una pequeña reflexión manifiesta enseguida que los conceptos de "avance", "superioridad" y "progreso" no pueden aplicarse al proceso evolutivo a la ligera. Basta, por ejemplo, considerar que los organismos actuales incluyen no sólo al hombre, sino también a virus que son más simples aún que las bacterias y que el hombre, las enfermedades y la muerte afectan a los seres vivientes de hoy tal como afectaban a los de hace millones de años.

Para explorar si la evolución es un proceso progresivo, o para decidir si el hombre es el más progresivo de todos los organismos, es preciso aclarar el concepto de progreso. Esto puede hacerse comenzando por comparar el término "progreso" con otros términos relacionados, tales como "cambio", "evolución" y "dirección".

#### EL CONCEPTO DE PROGRESO

"Cambio" significa alteración, ya sea de la situación, el estado o la naturaleza de una cosa. El progreso implica cambio, pero lo recíproco no es cierto —no todos los cambios son progresivos—. Las moléculas de oxígeno y de nitrógeno de una habitación cambian de posición continuamente, pero no parece razonable considerar tal cambio como progresivo.

cusiones más o menos diferentes de la presente en varias ocasiones; por ejemplo, en los volúmenes, citados en la bibliografía, bajo la dirección de F. J. Ayala y T. Dobzhansky (1974, en español 1983); G. A. Almond, M. Chodorow y R. H. Pearce (1982); M. H. Nitecki (1988); y en mi libro *Origen y evolución del hombre*, Alianza Universidad, Madrid, 1980, pp. 211-223.

La mutación de un alelo funcional en otro funcional constituye también un cambio de estado pero que no es, ni mucho menos, progresivo.

También pueden diferenciarse los conceptos de "evolución" y "progreso". Aunque ambos términos implican que se ha producido un cambio prolongado, el cambio evolutivo no es necesariamente progresivo. La evolución de una especie puede llevarla a la extinción, cambio que, al menos para esa especie, no es en absoluto progresivo.

Los conceptos de "dirección" y "progreso" también son diferentes. El concepto de "dirección" implica que se dan una serie de cambios que pueden disponerse en una secuencia lineal ordenada con relación a una propiedad característica dada, de modo que los elementos finales de la secuencia difieren más de los iniciales que de los intermedios. Por ejemplo, en la evolución del caballo durante los últimos cincuenta millones de años, es posible identificar un aumento gradual en el tamaño, desde *Eohippus* hasta *Equus*, el caballo moderno. El cambio direccional puede ser "uniforme" o "neto" (véase más adelante), según los elementos de la secuencia que difieran entre sí invariablemente, además de cuán mayor sea la distancia que los separa en la secuencia o que esto sólo ocurra porcentualmente.

En las discusiones acerca de la evolución a veces se iguala la "direccionalidad" con la "irreversibilidad": se dice que el proceso de la evolución tiene una dirección porque es irreversible. Los cambios evolutivos son ciertamente irreversibles, excepto quizás en un sentido trivial, tal como ocurre cuando un gene que ha mutado vuelve a mutar a su vez al estado alélico anterior. Sin embargo, dirección implica mucho más que irreversibilidad. Considérese una baraja en la que cada palo está ordenado del uno al siete y a continuación sota, caballo y rey, y con los oros seguidos por las copas, espadas y bastos. Si barajamos bien las cartas, cambia su orden y este cambio no puede ser invertido volviendo a barajar; podemos continuar barajando hasta que las cartas estén destrozadas y nunca restableceremos la secuencia original. El cambio en el orden de las cartas es irreversible, pero no es direccional.

Cambios irreversibles y direccionales se producen tanto en el mundo inorgánico como en el de los seres vivos. La segunda ley de la termodinámica describe cambios irreversibles pero al mismo tiempo direccionales; de hecho, uniformemente direccionales. En un sistema cerrado, la entropía aumenta continuamente, es decir, un sistema cerrado siempre pasa de estados menos probables a otros más probables. En nuestro contexto, el concepto de dirección se aplica a lo que en la paleontología se denominan "tendencias evolutivas". En una secuencia filogenética, se dice que se da una tendencia cuando una característica cambia de forma persistente a lo largo del tiempo en los elementos de la secuencia.



Tales tendencias se dan con frecuencia en secuencias fósiles suficientemente largas (Simpson, 1953).

Consideremos, por ejemplo, la tendencia hacia la reducción del número de huesos dérmicos en la parte superior del cráneo en la secuencia evolutiva que va desde los peces hasta el hombre, o bien la tendencia hacia la molarización de los últimos premolares superiores en la filogenia de los caballos. Estas tendencias representan un cambio direccional, pero no es obvio que deban ser consideradas progresivas. Para denominarlas progresivas haría falta estar de acuerdo en que el cambio direccional ha sido, en cierto sentido, favorable. Es decir, para poder considerar una secuencia direccional como progresiva hemos de añadir un juicio de valor, a saber, que la condición de los últimos elementos de la secuencia representa una mejora. La direccionalidad de una secuencia puede ser aceptada sin necesidad de emitir una valoración; así pues, progreso implica cambio direccional, pero lo inverso no es cierto.

Las consideraciones anteriores nos permiten apreciar que el concepto de progreso contiene dos elementos: uno descriptivo —que se ha producido un cambio direccional— y otro axiológico (es decir, de valoración) —que el cambio experimentado representa una mejora (Goudge, 1961)—. La noción de progreso requiere que se emita un juicio de valor que establezca lo que es mejor y lo que es peor. No obstante, el juicio de valor no necesita ser un juicio moral, puesto que no todas las formas de progreso son morales. Para poder identificar el progreso, se requiere una valoración de lo que es mejor y peor, pero no necesariamente de lo que es correcto y erróneo o bueno y malo. “Mejor” puede significar simplemente “más eficaz” o “más abundante” o “más complejo”, sin hacer referencia a valores o criterios morales.

El progreso puede, pues, ser definido como el “cambio sistemático de una característica, presente en todos los elementos de una secuencia, de tal modo que los elementos posteriores de la secuencia muestran una mejora en dicha característica con respecto a los anteriores”. El progreso puede también ser definido de forma más sencilla, como un “cambio direccional hacia algo mejor”. El antónimo de progreso es “regresión” o cambio direccional hacia lo peor.

Los dos elementos de la definición —el cambio direccional y la mejora con respecto a algún criterio— son ambos necesarios y suficientes para que ocurra progreso. Cambio direccional (y progreso) puede darse tanto en secuencias ordenadas espacialmente como en secuencias temporales. Las clinas (tales como el aumento del tamaño del cuerpo en latitudes mayores) constituyen ejemplos de cambio direccional en una dimensión espacial; sin embargo, en la evolución tienen más interés las secuencias temporales (históricas).

## CLASES DE PROGRESO

Es posible diferenciar distintos tipos de progreso según cada uno de los dos elementos de la definición. Más adelante se distinguirán tipos de progreso evolutivo debidos al uso de criterios diversos en la fundamentación de los juicios de valor. Aclaremos ahora el concepto de progreso estableciendo dos diferencias referentes al elemento descriptivo de la definición: al requisito de que se dé un cambio direccional. Estas diferencias se refieren, pues, tanto al concepto de dirección como al de progreso.

Atendiendo a la continuidad de la dirección de cambio, se pueden distinguir dos tipos de progreso: el *uniforme* y el *neto*.

Se produce progreso uniforme siempre que cualquier elemento posterior de una secuencia sea mejor, en relación con un criterio determinado, que cualquier elemento anterior de la secuencia. De manera formal, progreso neto puede definirse como sigue. Representemos por  $m(i)$  el elemento  $i$ -ésimo de una secuencia ordenada temporalmente desde 1 hasta  $n$ , de manera que  $p(i)$  mida el estado de la característica que se está valorando en los elementos de la secuencia. Existe progreso uniforme si para todo  $m(i)$  y  $m(j)$ , ocurre que  $p_j > p_i$  para todo  $j > i$ , y  $p_j < p_i$  para todo  $j < i$ .

El progreso neto no exige que todo elemento de una secuencia sea mejor que todos los elementos anteriores a él y peor que todos los posteriores, sino que requiere solamente que los elementos posteriores de la secuencia sean mejores por término medio que los elementos anteriores. El progreso neto permite, por tanto, que se produzcan fluctuaciones temporales de valor. De manera formal, si los miembros  $m(i)$  de una secuencia están dispuestos linealmente a lo largo del tiempo, se produce progreso neto siempre que la regresión lineal (en el sentido de este término utilizado en estadística matemática) de  $m(i)$  sobre el tiempo sea significativamente positiva.

Más aún, ni el progreso uniforme ni el progreso neto requieren que el progreso continúe indefinidamente o que se alcance algún fin específico. El ritmo del progreso puede disminuir con el tiempo; el progreso sólo significa una mejora gradual en los miembros de una secuencia. Es posible que una secuencia progresiva pueda tender asintóticamente hacia un valor constante, es decir, que se aproxime al mismo continuamente pero sin alcanzarlo nunca.

La diferencia entre progreso uniforme y neto es similar aunque no idéntica a la diferencia establecida por Broad (1925) y por Goudge (1961) entre progreso uniforme y progreso perpetuo. Simpson (1949, 1953) diferencia implícitamente el progreso uniforme del progreso neto en su

valiosa discusión sobre el progreso evolutivo; utilizando términos como “universal”, “invariable”, “constante” y “continuo” para lo que hemos denominado progreso uniforme (aunque a veces, también utiliza estos mismos términos con otros sentidos).

En relación con la amplitud de la secuencia considerada, pueden distinguirse dos tipos de progreso (y de cambio direccional): *general* o *particular*. El progreso general es el que se presenta en todas las secuencias históricas de un dominio dado de la realidad y que tiene lugar desde el comienzo hasta el fin de la secuencia. El progreso particular es el que se produce en una o en unas pocas secuencias históricas, pero no en todas; o bien durante parte de la secuencia o secuencias, pero no durante la totalidad de las mismas.

En la evolución biológica se daría progreso general si fuera posible atribuir alguna forma de progreso a la evolución de la vida desde su origen hasta el momento actual. Si un tipo de progreso sólo puede atribuirse a una o varias líneas evolutivas, se tratará de un progreso particular. Aquel progreso que abarque sólo un periodo limitado de la existencia de la vida, será también un progreso de tipo particular.

Algunos autores han negado el carácter progresivo de la evolución porque no todas las líneas evolutivas avanzan con arreglo a un criterio determinado. Algunos linajes, como los que conducen a ciertas formas parásitas, aparecen como regresivos; además, muchos linajes han llegado a extinguirse. Tales consideraciones pueden constituir una crítica válida en contra de la idea de un progreso general, pero no necesariamente frente a las formas de progreso particular.

Se ha establecido anteriormente que el concepto de “progreso” implica un elemento axiológico, es decir, un juicio de valor. Para hablar del progreso evolutivo es, pues, necesario que se elija un criterio según el cual se valorarán algunas características de los organismos y algunos aspectos de los sucesos evolutivos. También ha de decidirse qué dirección de cambio representa una mejora. Estas decisiones son, en parte, subjetivas, pero no son totalmente arbitrarias, sino que deben estar guiadas por el conocimiento biológico. Un criterio resulta válido si permite decir cosas que nos ayuden a entender la evolución de la vida. La elección de los criterios adecuados depende, por ello, de la amplitud de la información biológica de la que se dispone y también de si puede efectuarse una valoración.

#### PROGRESO UNIFORME Y PROGRESO GENERAL

Una revisión aún somera de la historia de la evolución de la vida manifiesta que no existe ningún criterio importante con respecto al cual pue-

da establecerse la existencia de un progreso uniforme en la evolución de los organismos. En todos los linajes evolutivos se han producido cambios de dirección, retrasos y regresiones, cualesquiera que sean las características que se consideren (Simpson, 1949, 1953). Se trata, por tanto, de saber si se ha producido progreso neto y en qué sentido.

A continuación se puede plantear si existe algún criterio que permita identificar el progreso neto como una característica general de la evolución o bien si todo el progreso identificable es particular; es decir, que sólo puede aplicarse a linajes determinados o durante periodos concretos.

Un criterio posible de progreso pudiera ser el incremento en la cantidad de información genética almacenada en los organismos. El ADN contiene la información hereditaria que, en interacción con el ambiente, dirige el desarrollo y el comportamiento de los organismos. Podría decirse que ha habido un progreso general neto si los organismos que han vivido en una época posterior representan por término medio un contenido superior de información genética que sus antepasados. Una dificultad insuperable, al menos por el momento, es que no hay forma de medir con precisión la información genética contenida en el ADN total de un organismo. La cantidad de información no se halla relacionada de una forma simple con la cantidad de ADN, ya que sabemos que en éste se presentan muchas secuencias repetidas y otras que carecen de información genética.

Se puede medir, al menos aproximadamente, la "complejidad" del ADN de un organismo determinado, es decir, la longitud total de las secuencias de su ADN que son distintas entre sí, pero esto ignora la fracción del ADN que no contiene información en forma de codones, y la parte del ADN que contiene mensajes sin sentido (Davison y Britten, 1973).

#### LA EXPANSIÓN DE LA VIDA COMO PROGRESO GENERAL

Otro de los criterios posibles de progreso general es la expansión de la vida. Según Simpson (1949), existe en la evolución "una tendencia hacia la expansión de la vida a ocupar todos los espacios disponibles en los ambientes habitables, incluidos los creados por este mismo proceso de expansión".

En principio, la expansión de la vida puede medirse por lo menos según cuatro criterios distintos, aún cuando éstos están entre sí relacionados: 1) el número de tipos de organismos, es decir, el número de especies (o de otras categorías de clasificación, como el número de órdenes o el número de clases); 2) el número total de individuos; 3) la cantidad total de materia viva (biomasa); y 4) la tasa total del flujo de energía. El

incremento del número de individuos o de su masa total puede considerarse como perjudicial en ciertas situaciones, como en el caso de la humanidad actual, pero no cabe duda de que es en sí una medida de progreso biológico. En los párrafos siguientes se propone que ha ocurrido progreso neto general en la evolución de la vida de acuerdo con cualquiera de esos cuatro criterios de progreso.

Los organismos vivos manifiestan una tendencia a multiplicarse exponencialmente hasta el infinito sin restricciones intrínsecas. Esto es consecuencia del proceso de reproducción biológica: cada organismo es capaz de dejar, por término medio, más de un descendiente. No obstante, la tendencia de la vida a expandirse se enfrenta con restricciones externas de diversos tipos. Una vez que una especie ha llegado a existir, su expansión está limitada al menos de dos maneras. En primer lugar, las fuentes de alimento accesibles a los organismos son finitas. En segundo lugar, no siempre se dan condiciones favorables para multiplicarse. Los depredadores y los competidores, junto con las condiciones climáticas, son los principales factores que interfieren con la multiplicación de los organismos. Los cambios drásticos y graduales del clima, así como los acontecimientos geológicos, a veces provocan una disminución considerable del tamaño de algunas poblaciones e incluso del conjunto de los seres vivos. Estas restricciones han motivado que la tendencia de la vida a expandirse no siempre haya tenido éxito. A pesar de todo, me parece cierto que, como promedio, la vida se ha expandido durante la mayor parte del proceso evolutivo.

El número de especies biológicas existentes es, con toda certeza, superior a los dos millones y probablemente a los diez millones, y puede ser que llegue hasta los treinta millones. Aunque resulta difícil estimar el número de especies vegetales que han existido en el pasado (ya que son muy poco frecuentes los fósiles vegetales bien conservados), puede estimarse burdamente el número de especies animales. En la actualidad, viven en el mar aproximadamente 150 000 especies animales, probablemente una cifra muy superior a la que existía en el Cámbrico (hace 600 millones de años), cuando no había ninguna especie animal ni vegetal que viviese en el medio terrestre.

El número de especies animales terrestres probablemente presenta también un máximo en la actualidad, incluso si excluimos a los insectos. Los insectos constituyen aproximadamente tres cuartas partes del total de especies animales y aproximadamente la mitad del total de especies, incluidas las plantas. Su aparición puede datarse en el Carbonífero, hace unos 350 millones de años; en la actualidad existen más especies de insectos de las que han existido en la mayoría de las épocas pasadas y, probablemente, en cualquiera de ellas.

En conclusión, el número de especies vivientes es superior, en el periodo geológico actual, al que existía en cualquier otro periodo del pasado y, al menos globalmente, la evolución de la vida está caracterizada por un incremento gradual del número de especies.

La expansión del número de especies opera como un proceso de servocontrol positivo. Cuanto mayor es el número de especies, mayor es el número de ambientes creados por ellas y que pueden ser explotados por otras nuevas. Así, una vez aparecidas las plantas, fue posible la existencia de los animales que se alimentan de ellas y éstos, a su vez, sustentan un gran número de especies de otros animales así como de parásitos y simbioses.

Se desconoce el número de individuos que viven en la Tierra en la actualidad, aún aproximadamente (esto es cierto incluso si se excluye a los microorganismos, sobre los que sabemos tan poco). Se estima que el número medio de individuos por especie de insectos es alrededor de doscientos millones ( $2 \times 10^8$ ), pero en algunas especies puede alcanzar la cifra de más de diez mil billones ( $10^{16}$ ), ¡y existen más de un millón de especies de insectos! El número de individuos de *Euphasia superba*, la pequeña gamba que constituye el alimento principal de algunas ballenas, puede ser superior a cien trillones ( $10^{20}$ ).

No cabe duda que el número de individuos animales y vegetales, así como su biomasa total, es superior en la actualidad que en el Cámbrico y que resulta muy probable que sea también superior al que se ha dado en la mayoría de las épocas desde el origen de la vida. Aún si incluimos a los microorganismos, es probable que, por término medio, el número de individuos vivos haya aumentado a lo largo de la evolución de la vida. La masa total promedio de materia viviente probablemente también se ha incrementado ya que, por lo general, los organismos de mayor tamaño han ido apareciendo gradualmente en el tiempo.

La tasa del flujo de energía se ha incrementado más velozmente en el mundo de los seres vivos que la biomasa total. Uno de los efectos de la existencia de los seres vivos consiste en retrasar la disipación de la energía que llega a la superficie de la Tierra. Las plantas verdes almacenan energía radiante del sol que, si esto no ocurriera, sería convertida en calor. Los animales, aunque disipan energía individualmente, ya que su tasa de catabolismo es superior a la de anabolismo, proporciona una nueva vía para el flujo de energía; su interacción con las plantas incrementa la tasa total de flujo energético a través de la materia viva.

La especie humana, con más de cuatro mil millones de individuos y con un peso de 50 kg por individuo, es una de las especies más numerosas entre los organismos de gran tamaño, y es también una de las especies con mayor biomasa entre todas las que existen. Además, la humani-

dad consiste, sin duda, de más individuos y tiene mayor biomasa en la actualidad que en cualquier época pasada. La especie humana ha contribuido por sí misma a la tendencia de la vida a expandirse y, por ello, al progreso general de la vida en este sentido. Pero, al mismo tiempo, parece que la superioridad progresiva de la humanidad deberá buscarse siguiendo otros criterios de progreso más significativos que el número de individuos o la biomasa total de la especie.

#### CRITERIOS DE PROGRESO PARTICULAR

Como ya se ha indicado, el concepto de progreso se basa en una valoración de mejor o peor en relación con un criterio dado. Se pueden identificar formas especiales de progreso evolutivo, que ocurren sólo en determinadas secuencias evolutivas o durante periodos limitados de tiempo, utilizando varios criterios; de éstos, Simpson (1949) ha examinado, entre otros, la invasión de ambientes nuevos, la adaptabilidad y posibilidad de un progreso posterior, la mayor especialización, el control sobre el ambiente, la mayor complejidad estructural y el incremento en el margen y variedad de ajustes respecto al ambiente. Para cada uno de estos criterios, Simpson ha puesto de manifiesto en qué secuencias evolutivas y durante cuánto tiempo ha existido progreso.

Stebbins (1969) ha propuesto una ley de "conservación de la organización" que explica el progreso evolutivo como un pequeño sesgo intrínseco de la materia viva que la conduce hacia una mayor complejidad de organización; Huxley (1942, 1953), Rensch (1947), Williams (1966) y Ayala (1974) han examinado otros criterios de progreso. Pero no existe ningún criterio de progreso que sea el mejor *a priori*. Desde el punto de vista que propongo aquí, cualquier criterio que amplíe la comprensión del proceso evolutivo resulta válido y los distintos criterios iluminan distintas características de la evolución.

Un criterio que merece especial atención es la capacidad de los organismos para adquirir y procesar información con respecto al ambiente en que se desarrollan (Ayala, 1974). Esta capacidad tiene gran interés, dado que contribuye al éxito evolutivo de los organismos, sobre todo de los animales y resulta especialmente adecuada en el estudio de la evolución humana, ya que de todas las diferencias que destacan al hombre sobre los demás animales, quizás la más fundamental sea la enorme capacidad que posee el hombre para percibir el ambiente y para reaccionar frente a él con flexibilidad. Mientras que todos los organismos se adaptan genéticamente al ambiente, el hombre es, asimismo, capaz de crear ambientes adecuados para su constitución genética.

El incremento en la capacidad para adquirir y procesar información acerca del ambiente a veces se ha calificado de evolución hacia una "independencia del ambiente". Esta última expresión puede conducir a error, pues ningún organismo puede ser realmente independiente del ambiente. La secuencia evolutiva que va del pez al anfibio y luego al reptil, las aves y mamíferos, que se cita a veces como un ejemplo de evolución hacia una independencia del ambiente, no es tal: aunque los reptiles, aves y mamíferos son independientes del agua como medio de vida, no lo son de las condiciones terrestres. No es el caso que hayan evolucionado hacia una menor independencia del ambiente, sino que han cambiado la dependencia de un ambiente (vida en el agua) por la de otro (vida terrestre).

El "control del ambiente" ha sido también equiparado a la capacidad de adquirir y utilizar información acerca del ambiente. No obstante, en sentido estricto, sólo la especie humana ejerce un control del ambiente. Todos los organismos interactúan con el ambiente, pero no todos pueden controlarlo. La construcción de nidos por los pájaros, de colmenas por las abejas y de presas por los castores, no representa un control del ambiente, excepto en un sentido trivial. La capacidad de controlar el ambiente apareció en nuestros antepasados, al menos en *Homo habilis*, el primer grupo de organismos que se llama humano (*Homo*), precisamente porque eran capaces de producir artefactos, tales como herramientas rudimentarias de piedra y de hueso y de manipular el ambiente con ellas. Con el desarrollo gradual de las tecnologías, los humanos han alcanzado un poder inmenso para "controlar" el ambiente.

#### LA CAPACIDAD DE ADQUIRIR Y PROCESAR INFORMACIÓN

La capacidad de obtener y procesar la información acerca de las condiciones del ambiente permite a los organismos evitar los ambientes desfavorables y buscar otros más adecuados. Tal capacidad ha avanzado en muchos linajes evolutivos porque constituye una adaptación eficaz, es decir, incrementa la probabilidad de sobrevivencia y reproducción de los organismos.

Todos los organismos interactúan en forma selectiva con el ambiente, lo cual no lleva consigo, necesariamente, asimilación de información. Así, la membrana celular de una bacteria permite que penetren en la célula ciertas moléculas pero no otras, pero este fenómeno apenas puede considerarse como una forma de procesar la información; de hecho, en el mundo inorgánico también se produce intercambio molecular selectivo. De igual manera, cuando ciertas bacterias se colocan en una placa de



agar se desplazan zigzagueando, pero esto ocurre probablemente de manera aleatoria.

Por el contrario, ciertas eucariotas unicelulares ya presentan una capacidad, aunque muy rudimentaria, para captar y procesar información acerca del ambiente. Así, un paramecio nada de forma sinuosa ingiriendo las bacterias que encuentra en su trayectoria. Cuando se encuentra con condiciones desfavorables, como acidez o salinidad inadecuadas en el agua, el paramecio se detiene, gira y comienza a nadar en otra dirección; aparentemente, no busca el alimento o un ambiente favorable, sino que sencillamente, evita las condiciones desfavorables y su reacción, por tanto, es negativa.

El organismo unicelular *Euglena* presenta una capacidad algo mayor para procesar información acerca del ambiente. Este organismo posee una mancha sensible a la luz que le permite orientarse en la dirección de la luz y, al desplazarse así, no sólo evita los ambientes inadecuados sino que busca activamente los adecuados. Las amebas representan un paso más allá en esta misma dirección: reaccionan frente a la luz huyendo de la misma y también son capaces de perseguir activamente las partículas alimenticias.

El incremento de la capacidad para adquirir y procesar información acerca del ambiente no constituye una característica general de la evolución de la vida. Solamente ha ocurrido progreso en este aspecto en algunos linajes evolutivos. Las bacterias actuales no son más progresivas, según este criterio, que sus antepasados de hace mil millones de años. En muchas secuencias se produjo un progreso muy limitado reducido a sus primeras etapas, sin que haya vuelto a ocurrir en el resto de su historia. De acuerdo con este criterio, los animales son, por lo general, más avanzados que las plantas; los mamíferos son más avanzados que los reptiles que, a su vez, lo son más que los peces. Sin duda, según este criterio, el organismo más avanzado es el hombre. Examinemos la evolución de esta forma de progreso con más detalle.

En el reino vegetal se ha producido escaso progreso en la capacidad para obtener y procesar información acerca del ambiente. Las plantas generalmente reaccionan al estímulo de la luz y de la gravedad. La raíz representa geotropismo positivo y el tallo negativo. Además, las plantas crecen hacia la luz; incluso algunas plantas, como el girasol, siguen la trayectoria diaria del sol. Las plantas también son hidrotropicas, es decir, las raíces tienden a crecer hacia las zonas del terreno más húmedas. Estas respuestas a la gravedad, a la humedad y a la luz, se deben básicamente a tasas de crecimiento celular diferencial, produciéndose un mayor alargamiento de las células en un lado del tallo o de la raíz que en el otro. Algunas plantas reaccionan, además, a los estímulos táctiles; así,

los zarcillos giran alrededor de todo lo que tocan y la mimosa y las plantas carnívoras, como el atrapamoscas de Venus (*Dionea*) poseen hojas que se cierran cuando se las toca.

En los animales multicelulares la capacidad para obtener y procesar información acerca del ambiente tiene lugar por medio del sistema nervioso que poseen todos los grupos principales de animales, excepto las esponjas. El sistema nervioso que se presenta en los animales es el de los celentéreos, entre los que se incluyen las hidras, los corales y las medusas. Cada uno de los tentáculos de una medusa reacciona individualmente y sólo cuando es estimulado directamente; no hay coordinación de la información recibida por distintas partes del animal. Además, las medusas no son capaces de aprender a partir de sus experiencias.

En los equinodermos, como las estrellas y los erizos de mar, se da una forma limitada de comportamiento coordinado. Mientras que los celentéreos sólo poseen una red nerviosa indiferenciada, los equinodermos poseen además un anillo nervioso y cordones nerviosos radiales; cuando un tentáculo u otra parte del animal recibe un estímulo, todo el cuerpo de una estrella de mar reacciona con acciones directas y unificadas.

La forma más primitiva de cerebro se presenta en organismos como las planarias, que también cuentan con numerosas células sensoriales y ojos carentes de lentes. La información que recopilan estas células y órganos sensoriales se procesa y coordina por el sistema nervioso central y el cerebro rudimentario. Una planaria es capaz de presentar cierta variabilidad de respuestas y también de cierto aprendizaje, de manera que estímulos similares no siempre producen respuestas idénticas. En cuanto a la capacidad para captar o procesar información acerca del ambiente, las planarias representan un estado de progreso mayor que el de las estrellas de mar y éstas, mayor que el de las anémonas y otros celentéreos, ninguno de estos organismos representa aún un nivel avanzado de progreso.

Entre los invertebrados, los grupos más progresivos de organismos son los artrópodos, pero los vertebrados han progresado mucho más que cualquier invertebrado. Los artrópodos, entre los que están incluidos los insectos, presentan formas complejas de comportamiento y muchos de ellos obtienen y procesan señales visuales, químicas y acústicas muy precisas, sobre todo en la búsqueda de alimentos y en la selección de la pareja.

Los vertebrados son, por lo general, capaces de obtener y procesar señales mucho más complejas que los artrópodos y también de producir una mayor variedad de respuestas que éstos. El cerebro de los vertebrados presenta un enorme número de neuronas, cuya disposición es extraordinariamente compleja.

En los vertebrados, el progreso de la capacidad para tratar la información ambiental está correlacionado con el desarrollo del neopallio. Este órgano, que está implicado en la asociación y coordinación de todo tipo de impulsos procedentes de todos los receptores y centros del cerebro, apareció por primera vez en los reptiles; en los mamíferos se ha expandido para convertirse en la corteza cerebral que cubre la mayor parte de los hemisferios cerebrales. El mayor tamaño cerebral de los vertebrados también les permite disponer de un gran número de neuronas dedicadas a almacenar información o memoria.

La capacidad para percibir el ambiente y para integrar, coordinar y reaccionar flexiblemente a lo que se percibe, ha alcanzado su máximo desarrollo en los humanos. Este avance incomparable constituye quizás la característica más fundamental que separa a *Homo sapiens* del resto de los animales. El lenguaje simbólico, la compleja organización social, el control sobre el ambiente, la capacidad para vislumbrar estados futuros, la adquisición de valores éticos, han sido posibles gracias a la enorme capacidad del hombre para obtener y organizar la información acerca del estado del ambiente.

#### CONCLUSIÓN: LA VIDA Y SU DIVERSIDAD DE JUEGOS

La capacidad para obtener información acerca del ambiente y reaccionar frente al mismo resulta útil a los organismos como una adaptación. Constituye, además, un criterio aceptable de progreso, ya que ilumina ciertos aspectos de la evolución de la vida. No obstante, no necesariamente es ni mejor ni peor que otros criterios de progreso que pueden contribuir también a discernir otras facetas de la evolución y merecen, por tanto, ser examinados.

Vale la pena recordar que un organismo dado será más o menos progresivo que otro según el criterio de progreso que se utilice en la comparación. Pero aun cuando se trata de evitar el antropomorfismo, muchos de los criterios de progreso (incluyendo los enumerados en la sección anterior sobre criterios particulares de progreso) llevan a la conclusión de que el hombre es el organismo más progresivo. Como se ha mencionado, la razón fundamental que ha colocado a los humanos en la cumbre de la vida es, especialmente, su capacidad inigualada de obtener y procesar información acerca del ambiente. El que otros criterios señalan al hombre como el organismo más progresivo se debe a que están relacionados con esta capacidad excepcional de percibir y utilizar la información sobre el ambiente.

En conclusión, pues, los seres humanos son los más progresivos con

arreglo a una variedad de criterios significativos de progreso. Pero debe reiterarse que la humanidad no es la especie más progresiva con arreglo a todos los criterios posibles de progreso. En el juego de la vida, nuestros antepasados ganaron muchas partidas y nosotros seguimos ganando de acuerdo con ciertas reglas de juego, pero no de acuerdo con otras.

Por ejemplo, si la especie ganadora es la que sea más numerosa, los humanos no son ni mucho menos los vencedores. Muchos insectos nos ganan, y también la gamba *Euphasia superba* del Océano Antártico y muchas especies de bacterias son todavía más numerosas. Si la especie ganadora es la que ha durado más en el juego, tampoco los humanos ganan ni con mucho. Aun si hablamos de los homínidos y no sólo de *Homo sapiens*, nuestra existencia data a lo sumo hace diez millones de años, mientras que los peces han persistido por quinientos millones de años y los microorganismos por más de tres mil millones de años.

Existen buenas razones para considerar a los humanos como los organismos más progresivos, pero esto es sólo de acuerdo con determinados criterios de progreso o reglas de juego. Con arreglo a otros criterios, nuestra especie no es ni mucho menos la más progresiva.

El concepto de progreso tal como lo he definido y las distinciones que he hecho, serían útiles también en el campo de la antropología cultural y, en general, en el estudio de la historia. Los conocimientos adquiridos en estas disciplinas pueden estar libres de juicios de valor, pero para atribuir progreso a los sucesos de la historia humana, es necesario introducir juicios de valor. No obstante, una vez que se acepta la observación anterior, se puede proceder a identificar criterios de progreso que sirvan para iluminar el estudio de la historia.

Afirmar que se ha dado progreso en la historia humana no implica, de acuerdo con la tesis propuesta aquí, que el progreso sea universal, inevitable o ilimitado. De la misma manera como ocurre con el progreso biológico, el progreso cultural puede darse en unas culturas pero no en otras, durante algún periodo pero no indefinidamente y puede estar limitado por ciertas fronteras en vez de extenderse sin límites. Dónde y cuándo existe progreso en la historia humana son cuestiones a investigar que, una vez que se ha elegido un criterio de progreso, pueden proceder de acuerdo con los mismos cánones de investigación que se siguen en las disciplinas apropiadas cuando se estudian otras materias.

#### BIBLIOGRAFÍA

Almond, G. A., M. Chodorow y R. H. Pearce (1982), *Progress and Its Discontents*, University of California Press, Berkeley.

- Ayala, F. J. (1974), "The Concept of Biological Progress", en F. J. Ayala y T. Dobzhansky (comps.), *Studies in the Philosophy of Biology*, Macmillan, Londres.
- Ayala, F. J., y T. Dobzhansky (comps.) (1974), *Studies in the Philosophy of Biology*, Macmillan, Londres.
- (1983), *Estudios sobre la filosofía de la biología*, Ariel, Barcelona.
- Broad, C. D. (1925), *The Man and Its Place in Nature*, Kegan Paul, Londres.
- Gostil, R. D. (1993), *Progress. Critical Thinking about Historical Change*, Praeger, Westport, Connecticut.
- Goudge, T. A. (1961), *The Ascent of Life*, University Press, Toronto.
- Huxley, J. S. (1942), *Evolution: the Modern Synthesis*, Harper, Nueva York.
- (1953), *Evolution in Action*, Harper, Nueva York.
- Lotka, A. J. (1945), "The Law of Evolution as a Maximal Principle", *Human Biol.* 17, pp. 167-194.
- Nitecki, M. H. (1988), *Evolutionary Progress*, University of Chicago Press.
- Rensh, B. (1947), *Evolution Above the Species Level*, Columbia University Press.
- Simpson, G. G. (1949), *The Meaning of Evolution*, Yale University Press, Nueva York.
- (1953), *The Major Features of Evolution*, Columbia University Press.
- Stebbins, G. L. (1969), *The Basis of Progressive Evolution*, University of North Carolina Press.

## IX. SOBRE LOS CONCEPTOS DE PROGRESO Y EVOLUCIÓN EN EL SIGLO XIX

SERGIO F. MARTÍNEZ\*

### I

L. PLAYFAIR, en su conferencia al asumir la presidencia de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia en 1855, formuló de manera clara la idea de progreso típica del positivismo predominante en ese entonces en la Gran Bretaña y buena parte de Europa:

Una verdad establecida en la ciencia es como la constitución de un átomo en la materia algo que forma tanto parte del orden de las cosas que se ha vuelto independiente de futuros peligros en la lucha por la existencia. La suma de esas verdades forma el tesoro intelectual que pasa de una generación a otra en sucesión hereditaria.<sup>1</sup>

De una manera más sutil, Herschel entendía el progreso de la ciencia como una acumulación de generalizaciones que iban encajando de manera natural en el plan ya establecido a partir de las leyes de Newton y de las ciencias naturales desarrolladas sobre esa base. Como Comte ya lo había formulado unos años antes en su *Curso de filosofía positiva* de 1826, el progreso de la ciencia se manifiesta en la disminución de los hechos generales que nos permiten explicar toda nuestra experiencia. Por esto John Stuart Mill puede decir en 1831 que "las ciencias físicas", el paradigma de las ciencias para el positivismo, "están continuamente en crecimiento, pero nunca cambian: en cada época reciben una mejora considerable, pero para ellas la era de la transición es cosa del pasado".<sup>2</sup> Otras ciencias podían cambiar, pero esto era una muestra de su inmadurez, no una muestra de la naturaleza de la ciencia.

La revolución es algo por lo que cada ciencia pasa una vez, como un ser humano pasa por un estadio fetal. Una vez pasada esa etapa crítica cada ciencia se va integrando al saber positivo, a ese saber que ya no

\* La traducción de citas y transcripciones es de Sergio Martínez a menos que se haga referencia expresa.

<sup>1</sup> *Victorian Science*, compilado por G. Basalla, W. Coleman, y R. Kargon, Doubleday, Anchor Books, 1970, p. 83.

<sup>2</sup> "The Spirit of the Age", 1831, en *Collected Works*, compilado por J. M. Robson, *et al.*, vol. 32, Toronto, 1981-1991, p. 239.

cambia. Para la filosofía positivista de la ciencia en boga en la primera mitad del siglo XIX, la ciencia está en continuo crecimiento pero no está sujeta al cambio.

El desmoronamiento de esta idea de progreso está íntimamente ligado al desmoronamiento del modelo historiográfico de la ciencia que le sirve de base. Conforme avanza el siglo XIX queda cada vez más claro que es inaceptable la idea de que las ciencias alcanzan su madurez y posteriormente ya no están sujetas a un proceso histórico de cambio. Principiando con la amplia aceptación que tiene la teoría ondulatoria de la luz, sobre todo a partir de los trabajos de Fresnel de 1815, pasando por el inicio de la teoría de campos y la teoría del electromagnetismo a partir de los años cincuenta del siglo XIX, y la publicación del trabajo de Helmholtz en 1870 "Sobre los orígenes y la significación de los axiomas de la geometría" (en donde se arguye que la geometría euclidiana no es una necesidad de la intuición), se llega a reconocer que la historiografía positivista es simplemente insostenible como una interpretación de la historia de la ciencia que tenga un mínimo poder explicativo del cambio científico.

El caso de la revaluación de la teoría ondulatoria de la luz fue particularmente importante por el papel central que desempeñaba la óptica en la tradición newtoniana. Según esta tradición, la óptica había tenido su revolución en el siglo XVII, y sus principios teóricos fundamentales expuestos definitivamente en *La óptica* de Isaac Newton. Otras propuestas, como la teoría ondulatoria propuesta por Huyghens y otros físicos del siglo XVII, simplemente se explicaban como erróneas. El trabajo de Fresnel y otros físicos a principios del siglo XIX inicia la conversión de los físicos hacia la teoría ondulatoria, que rápidamente concluye en su aceptación casi universal.<sup>3</sup>

Pero entonces, había por lo menos una teoría importante de la física que parecía haber requerido una segunda revolución. Muchos físicos en el siglo XIX trataron de ignorar las implicaciones de este desarrollo científico, sugiriendo que no debía verse sino como una excepción que confirmaba la regla. Sin embargo, esta actitud hacia el desarrollo de la ciencia se debilita bastante con una serie de reevaluaciones similares en una gran variedad de ramas de la ciencia, que hacen muy difícil mantener el modelo historiográfico positivista.

## II

A partir de la segunda década del siglo XIX Whilliam Whewell empieza a criticar a fondo la concepción positivista del progreso de la ciencia. Se

<sup>3</sup> Sobre este tema véase el libro de Jed Buchdal, *The Rise of the Wave Theory of Light. Optical Theory and Experiment in the Early Nineteenth Century*, Chicago UP, 1989.

gún Whewell, era necesario distinguir entre diferentes tipos de ciencias. Para Whewell, en la medida que una explicación histórica requería apelar a leyes que no eran accesibles a nuestra experiencia inmediata, esas explicaciones tenían un estatus epistemológico distinto a las explicaciones de la mecánica que sí se basaban en leyes que eran accesibles a nuestra experiencia inmediata. Tanto en la economía política, como en la geología, como en cualquier otra ciencia que tuviera que incorporar el tiempo como una variable esencial en sus explicaciones, se requerían de leyes en un sentido que dependía de un diseño y en última instancia de un Dios que ejecutaba los pasos necesarios para que ese diseño fuera realidad.

El argumento de Whewell generalizaba una serie de técnicas recientemente desarrolladas para construir explicaciones de fenómenos físicos, que asumían que la construcción de un modelo apropiado requería de un análisis genético del estado de un sistema, y de la identificación de las fuerzas con desarrollos dirigidos a un cierto fin.<sup>4</sup> En este tipo de modelos las variaciones producidas por causas perturbadoras en un sistema no tenían porqué generar una mejor adaptación del sistema con respecto a un estado de equilibrio, a diferencia de lo que se asumía en los modelos desarrollados por los newtonianos franceses, en particular Lagrange y Laplace.<sup>5</sup>

Whewell pretendía derivar de esta interpretación de los modelos dinámicos de la física una lección de teología natural. A menos que Dios o algún ser previsor interviniera en el proceso, la lucha perpetua y el conflicto entre los principios de equilibrio que rigen cualquier economía (sea planetaria, biológica o política), y las circunstancias variables en las que el sistema existe, terminarían por hacer que el sistema se colapsara.

Todo aquello creado estaba sujeto al decaimiento, y esto tenía que entenderse como prueba de que el mundo no sólo había sido diseñado por Dios, sino que era administrado por él. Las leyes de la naturaleza por sí solas no podían explicar la compleja dinámica del universo que conocemos. A diferencia de Laplace (y Kant), que habían explicado cómo el sistema solar podía haber surgido de una masa estelar (la llamada hipótesis de la nebulosa estelar), pero que asumían que el resultado de ese proceso era un sistema que se mantendría en equilibrio para siempre, independientemente de los cuidados de Dios, Whewell pensaba que el sistema solar, como cualquier otro sistema, estaba condenado al colapso más tarde o más temprano.

<sup>4</sup> Sobre este tema véase el trabajo de Norton Wise y Crosbie Smith "Work and Waste: Political Economy and Natural Philosophy in Nineteenth Century Britain", *Hist. Sci.* xxvii (1989).

<sup>5</sup> Véase *On Astronomy and General Physics*, de William Whewell, The Bridgewater Treatises, vol. III, Londres, 1831 (especialmente libro II).



En el tratado de Bridgewater, *On the Power Wisdom and Goodness of God as Manifested in the Creation, Writing on Astronomy and General Physics Considered with Reference to Natural Theology* ("Sobre el poder, sabiduría y la bondad de Dios tal y como se manifiesta en la creación: escrito en astronomía y física general considerada en referencia con la teología natural"), publicado en 1833. Whewell deja claro que una concepción dinámica del mundo sólo puede entenderse por medio de la intervención divina en ciertos momentos fundamentales, calculados para lograr el efecto deseado. Estas ideas de Whewell se fortalecieron al aceptarse a mediados del siglo XIX la idea de que el espacio interestelar estaba lleno de un fluido material y que por lo tanto debería de generar fricción. Con esta hipótesis, a menos que alguien le diera un empujón de vez en cuando, el sistema solar estaría condenado al colapso.

Pero si la fuerza que alimentaba los procesos naturales tenía que disiparse según las leyes de la física, entonces la única alternativa para explicar todo proceso histórico, y el progreso que la historia parecía poner siempre en prueba, era aquel tipo de causa con la que ya había especulado Newton, "una primera causa que no es mecánica".

En la primera edición *El origen de las especies*, Darwin había utilizado como epígrafe un cita de Whewell que provenía precisamente del tratado que mencionamos: "Pero con relación al mundo material, podemos ir tan lejos como esto, podemos percibir que los sucesos son creados no por medio de intervenciones divinas aisladas, como ejercicios del poder divino en cada caso particular, sino por medio del establecimiento de leyes generales."

Darwin pensaba que precisamente su teoría permitía dar la explicación en términos de leyes naturales que Whewell pensaba que debería ser posible para cualquier tipo de fenómeno material. Pero Darwin, simplemente, había malentendido a Whewell en un punto fundamental. Ciertamente, Whewell pensaba que toda la creación estaba regida por leyes, pero precisamente toda la argumentación de Whewell en el tratado de Bridgewater iba encaminada a mostrar el abismo que se abría entre esa posibilidad en principio y el tipo de prueba que nosotros podríamos tener del plan divino. Para Whewell la pretensión de Darwin de explicar el origen de las especies exclusivamente a partir de leyes, no podía ser sino una pretensión sin fundamentos.

Para mucha gente Darwin en realidad estaba defendiendo una posición filosóficamente mucho más cercana a la de Herbert Spencer que a la de Whewell. Veamos cuál era este concepto de evolución de Spencer y como entra en la discusión.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Mi hipótesis no es que Spencer influyó sobre Darwin directamente, aunque puede haber habido tal influencia, sino que la manera como Darwin entiende la relación entre evo-

## III

El concepto de evolución surge en el siglo XVII para referirse al desarrollo embrionario. En el siglo XVIII la idea de evolución se extiende, sobre todo con los trabajos de Bonnet y Haller, a una teoría que pretende explicar la diversidad de la vida con el supuesto de que inicialmente Dios había creado una plenitud de gérmenes que no sólo encapsulaban un organismo maduro, sino que incluso podían encapsular animales y plantas de otras especies. Después de cada una de las catástrofes, que según el Génesis han sucedido en el planeta, podían “evolucionar” flora y fauna nuevas a partir de los gérmenes de las formas anteriores. El poder del microscopio había llevado a los anatomistas a sospechar que el arca de Noé era microscópica.

A finales del siglo XVIII surge un nuevo concepto de evolución a partir de la crítica a esta concepción de la evolución como encapsulamiento. Los trabajos de Wolff, y posteriormente de Serres y Von Baer, sientan las bases de una versión diferente del concepto de evolución. Kiemeyer alude de manera general a esta idea de evolución cuando en 1793 dice que “la fuerza por la que las series de especies han sido generadas es la misma en su naturaleza y leyes que la que hace que se produzcan los diferentes estados de la embriogénesis”.<sup>7</sup>

Von Baer es famoso por su crítica a esta teoría de la recapitulación, defendida por Kiemeyer y muchos otros anatomistas de principios del siglo XIX, pero para los evolucionistas de mediados del siglo XIX, Herbert Spencer y Ernst Haeckel entre ellos, von Baer había encontrado precisamente una manera de entender la evolución como un proceso progresivo y universal en el mundo orgánico.

Es así como, a mediados del siglo XIX, Herbert Spencer puede apelar al trabajo de Von Baer para elucidar el concepto de progreso. Spencer demuestra que el concepto de progreso se ha utilizado de maneras muy variadas, dependiendo de si se usa para referirse a un “crecimiento simple, como el de una nación en relación con el número de sus miembros y el tamaño del territorio en el que se extiende, o si se usa en relación con productos materiales, o cuando se habla de progreso material, intelectual o moral”. Spencer considera que es posible explicar claramente que todas esas alusiones se refieren a un concepto de progreso si hacemos ver que “la ley del progreso orgánico” es la ley de todo

lución y progreso es la manera como muchos de los contemporáneos evolucionistas de Darwin la entendían. Esta idea se formula de manera sistemática en los trabajos de Herbert Spencer. Acerca de la relación entre Spencer y Darwin puede consultarse la bibliografía mencionada en la nota 18.

<sup>7</sup> Citado por Robert Richards en *The Meaning of Evolution*, Chicago, 1992, p. 19.

progreso.<sup>8</sup> Según Spencer, la ley del progreso orgánico fue establecida por las investigaciones de Wolff, Goethe y Von Baer en Alemania: "Ellos establecieron la verdad sobre la serie de cambios por los que pasa una semilla para desarrollarse en árbol, o un huevo en un animal, constituye un avance de la homogeneidad de una estructura a la heterogeneidad de una estructura".<sup>9</sup>

La hipótesis de Spencer es que esta ley es en realidad la ley de todo progreso, algo que Spencer entiende como implicando que esa ley es el principio explicativo de todo proceso histórico: "Ya sea en el desarrollo de la Tierra, en el desarrollo de la vida sobre su superficie, en el desarrollo de la sociedad, del gobierno, de las manufacturas, del comercio, del lenguaje, de la literatura, de la ciencia, del arte, siempre tiene lugar la misma evolución de lo simple a lo complejo a través de una diferenciación continua".<sup>10</sup>

Spencer incluso menciona la evolución de los instrumentos musicales y el desarrollo de la música coral como procesos explicables a partir de la acción de esta ley del progreso. Según Spencer, esta ley general de que todo cambio puede formularse más precisamente en términos causales como sigue: "toda fuerza activa produce más de un cambio; toda causa produce más de un efecto".<sup>11</sup>

La concepción del mundo que va a promover Spencer durante la segunda mitad del siglo XIX, con su teoría del progreso, ya era familiar para muchos intelectuales británicos en 1857. Dos de los libros más vendidos a mediados del siglo XIX en la Gran Bretaña habían defendido versiones de este evolucionismo que llamaremos "cósmico". Uno de ellos es "Vestigios de una historia natural de la creación", de Robert Chambers (publicado anónimamente en 1844), y "Vistas de la arquitectura de los cielos", de John Pringeld Nichol (publicado en 1837).<sup>12</sup> En ambos trabajos se defiende la idea de que el desarrollo de la astronomía, y en particular la hipótesis de que el sistema solar tiene su origen en una nebulosa de materia estelar sujeta a leyes físicas, tienen implicaciones importantes para la manera como entendemos la historia del planeta, la historia de la vida sobre el planeta, e incluso cómo puede tener lugar el progreso so-

<sup>8</sup> Herbert Spencer, "Progress, its Law and Cause", *Westminster Review*, abril, 1857, pp. 445-485.

<sup>9</sup> Spencer, 1857, p. 446.

<sup>10</sup> *Ibid.*, p. 445.

<sup>11</sup> *Ibid.*, p. 446.

<sup>12</sup> El título original del libro de Chambers es *Vestiges of the Natural History of Creation*, Londres, John Churchill, 1844. El libro tuvo por lo menos 14 ediciones en el siglo XIX. Las referencias son todas a la primera edición. El título original del libro de Nichol es *Views of the Architecture of the Heavens*, Edimburgo, William Tait, 1837.

cial.<sup>13</sup> Todas estas historias eran para Chambers ejemplos de un mismo proceso evolutivo. Toda la "economía mundana" —dice Chambers— "no es más que una porción de un fenómeno mayor, el resto del cual está por evolucionar" [*evolve*].<sup>14</sup> La manera como Chambers habla del registro fósil es típica de la manera como los evolucionistas, en la segunda mitad del siglo XIX, van a entender toda la realidad como progresiva: "La producción de nuevas formas, tal y como nos muestran las páginas del registro fósil, nunca ha sido algo más que un nuevo estadio de un proceso en gestación, un suceso tan simple y natural, y tan poco visitado por circunstancias maravillosas o sorprendentes como el avance silencioso de una madre ordinaria de una semana a otra de su embarazo".<sup>15</sup>

Se piensa que el mundo tiene una unidad, y que el conocimiento científico es capaz de reflejarla en sus explicaciones en la medida que hay una ley que rige todo proceso histórico. Sin embargo, hay diferencias importantes entre los diferentes conceptos de evolución, y por lo tanto entre las diferentes concepciones de progreso. Una diferencia importante entre el evolucionismo de Nichol y Chambers y el de Spencer es la siguiente: Si bien Nichol y Chambers consideran que esa progresión de los diferentes fenómenos es *natural*, Chambers nos dice que es importante reconocer que "todos los fenómenos son, desde otro punto de vista, maravillas de la más alta alcurmia, puesto que en cada uno de ellos tenemos que reconocer el efecto de una Voluntad Divina que arregló el todo de los fenómenos en tal armonía con las circunstancias físicas externas, que ambos se desarrollan paralelamente".<sup>16</sup> Esto es, para Chambers (y para Nichol) las circunstancias físicas sirven a lo más como puntos de referencia para poder vislumbrar la interacción preprogramada de las diferentes líneas paralelas de evolución implícitas en el plan divino.

Spencer, sin embargo, piensa que todos esos desarrollos paralelos pueden entenderse científicamente en la medida que en realidad tienen una causa común, la ley fundamental del progreso. Para Spencer, la armonía entre las circunstancias físicas y los procesos progresivos no es preestablecida, sino que es más bien el resultado de la evolución progresiva de los diferentes tipos de fenómenos y de su sujeción a una "lucha por la existencia". La idea de que una evolución progresiva es el resultado de leyes, formulada por Darwin en el penúltimo párrafo de *El origen de las especies*, es un ejemplo de esta concepción spenceriana de evo-

<sup>13</sup> Acerca de la relación del tema del progreso con la hipótesis nebular véase "The Nebular Hypothesis and the Science of Progress", Simon Schaffer, en *History, Humanity and Evolution*, James R. Moore, Cambridge UP, 1989.

<sup>14</sup> Chambers, *Vestiges of...*, p. 385.

<sup>15</sup> *Ibid.*, p. 223.

<sup>16</sup> *Idem.*

lución. Dice Darwin que "concuera mejor con lo que sabemos de las leyes que el Creador le imprimió a la materia, que la producción y extinción de los habitantes pasados y presentes del mundo son el resultado de causas secundarias [i.e. leyes], como aquellas que determinan el nacimiento y muerte del individuo".<sup>17</sup>

Es más, en ese mismo párrafo Darwin usa otro aspecto más general de la concepción spenceriana de evolución, compartida por los evolucionismos de Chambers y Nichol, cuando dice que "todos los atributos corporales y mentales tenderán a progresar hacia la perfección".<sup>18</sup> *Esta concepción spenceriana de evolución basada en leyes permite aceptar la identificación de Whewell entre historia y progreso, sin tener que aceptar su conclusión de que las explicaciones históricas implican una causa final inteligente.*

Esta variante secular de la solución de Whewell al problema planteado por el modelo historiográfico positivista y al concepto asociado de progreso, es la perspectiva que aflora en *El origen de las especies*, y en otros escritos de Darwin y sus contemporáneos.

#### IV

Hemos visto que en *El origen de las especies* Darwin hace referencia al concepto de evolución como el resultado de causas secundarias; una idea que había sido promovida por Chambers, Nichol y de manera más sistemática, por Spencer. En varios otros pasajes de *El origen* y en varias cartas de ese tiempo, Darwin deja clara su aceptación de la idea de que la evolución orgánica es inherentemente progresiva en el sentido de que implica un mejoramiento de las diferentes especies, pero sin implicar un diseño inteligente: "Conforme cada especie va mejorando [*improving*], y conforme el número de formas aumenta, si vemos al curso del tiempo

<sup>17</sup> *The Origin of Species*, facsímil de la primera edición de 1859, editada por Ernst Mayr, Harvard U. P., 1964.

<sup>18</sup> El spencerianismo de Darwin ha sido un tema de controversia constante. El primer estudio sistemático de ese tema se encuentra en varios trabajos de John Greene. Véase por ejemplo, *The Death of Adam*, Iowa State U. Press, 1959, y varios de los artículos recogidos en *Science, Ideology and World View*, University of California Press, Berkeley, 1981. Acerca de la relación entre Darwin y Spencer se puede consultar el libro de Robert Richards *Darwin and the Emergence of Evolutionary Theories of Mind and Behavior*, Chicago, 1987. Con respecto a la relación entre el concepto biológico de progreso y el concepto de progreso moral en Darwin y en Spencer véase "The Moral Foundations of the Idea of Evolutionary Progress: Darwin Spencer, and the Neo-Darwinians", de Robert Richards, en *Evolutionary Progress*, compilado por Matthew Nitecki, University of Chicago Press, 1988. Este libro incluye varios otros artículos alrededor de la controversia que persiste hasta nuestros días acerca del sentido en el que puede hablarse de progreso biológico.

como un todo, la condición orgánica de la vida para otras formas va a ser más compleja, y será necesario que las otras formas mejoren, o serán exterminadas: y no puedo ver un límite a este proceso de mejoramiento, sin la intervención de algún otro principio directo de mejoramiento.”<sup>19</sup>

En *El origen del hombre*, esta concepción spenceriana del progreso es todavía más insistente. Para Darwin, como para Spencer, el progreso de la humanidad dependía del surgimiento y selección en la lucha por la existencia de razas superiores. Darwin, por ejemplo, se preocupaba del hecho que en las naciones civilizadas las personas de constitución débil fueran capaces de propagarse debido a los avances en la medicina: “Hay razones para pensar que la vacunación ha preservado a millares de personas que a causa de su débil constitución hubieran sucumbido a la viruela. Así, los miembros débiles de las sociedades civilizadas propagan su especie. Nadie que sepa de la procreación de animales domésticos va a dudar que esto es muy perjudicial para la raza humana”.<sup>20</sup>

Es muy común entre historiadores de la biología hacer una distinción tajante entre el concepto de evolución de Darwin y el de contemporáneos como Spencer y Haeckel, mostrando que el concepto de evolución de Darwin no implicaba progreso, mientras que el de Spencer y Haeckel sí. Hemos visto que éste no es el caso. Darwin creía en el progreso biológico, y en la relación del progreso biológico con otros tipos de progreso, aunque reconocía que era un concepto problemático.<sup>21</sup>

La tesis de este trabajo es que la diferencia más importante entre la manera como entienden la evolución Darwin, por una parte, y Chambers y Spencer, por la otra, e incluso muchos de los “darwinistas” contemporáneos de Darwin, tiene que ver más bien con el rechazo implícito de Darwin a la idea de que la evolución es un proceso cósmico. Y esto a su vez tiene que ver con el papel predominante que desempeña el concepto de selección natural en Darwin en la manera de entender la evolución. Darwin hacía énfasis en el mecanismo de la selección natural, mientras que Spencer hacía énfasis en mecanismos lamarckianos de

<sup>19</sup> Carta de Darwin a Lyell del 25 de octubre de 1859, en *The Life and Letters of Charles Darwin*, (comp.) Francis Darwin, 3 vols., Londres, John Murray, 1888, vol. 2, p. 177.

<sup>20</sup> En español puede consultarse *El origen del hombre*, Ediciones Prisma, 1987. Esta es una versión no completa del libro de Darwin. Las citas son de la edición original inglesa *Descent of Man and Selection in Relation to Sex*, 2 tomos, Londres, 1871.

<sup>21</sup> En *El origen de las especies*, Darwin es muy cuidadoso para no comprometerse con una manera de entender qué se entiende por “arriba” y “abajo” en biología, pero su cautela no implica que reniegue de esa distinción. Así, por ejemplo, varias veces Darwin sugiere que la idea de “arriba” y “abajo” está relacionada con la tendencia que él consideraba que existía entre los géneros más grandes a heredar una tendencia a la variación. A veces la relaciona con el proceso de especialización, una manera de entender el progreso que era muy común en la economía política de su tiempo.

adaptación.<sup>22</sup> Para Darwin, a diferencia de Spencer, la evolución no era un postulado metafísico, sino que era una estrategia explicativa que debía de moldearse a los problemas, y no a la inversa. Esto es lo que lleva a Darwin a sugerir que el origen de la cultura humana, y en particular del “sentido moral” que se consideraba distintivo de los seres humanos, era un mecanismo de selección diferente del que él había propuesto como predominante en la selección orgánica. Darwin sugiere que es un proceso de selección entre comunidades lo que permite explicar la evolución de la cultura. Según Darwin: “una comunidad que consiste de individuos con características apropiadas va a tender a aumentar en número y a resultar victoriosa sobre comunidades menos dotadas; si bien cada miembro por separado puede no obtener ninguna ventaja sobre los otros miembros de la comunidad”.<sup>23</sup>

Esta respuesta no sólo le permite a Darwin mostrar cómo es posible que en una comunidad persistan rasgos que pueden ser dañinos para los individuos particulares (pero que son beneficiosos para la comunidad, como el altruismo), sino que también le permite responder a una de las objeciones más insistentes a las que tenía que enfrentarse una explicación basada en un mecanismo de selección natural cuando era extrapolada para explicar la vida social. ¿Cómo era posible explicar que los ins-

<sup>22</sup> Ernst Haeckel es precisamente alguien que, como Spencer, propone una teoría que pretende explicar todo cambio como parte de un proceso evolutivo a escala cósmica cuya causa es una generalización de la ley de la conservación de la energía que Haeckel llama la “ley de la sustancia”, y que según Haeckel todo lo permea:

La pasión irresistible que atrae a Eduardo a la simpática Otilia, o Paris a Elena, y que salta sobre todos los límites impuestos por la razón y la moralidad, es la misma fuerza atractiva “inconsciente” que impulsa al espermatozoide vivo a forzar su entrada en el óvulo para que tenga lugar la fertilización del animal o de la planta, el mismo movimiento impetuoso que une dos átomos de hidrógeno a un átomo de oxígeno en la formación de una molécula de agua. Esta fundamental *unidad de la afinidad en la naturaleza toda*, desde el proceso químico más simple a la historia de amor más complicada fue reconocida por el gran científico griego Empédocles... [p. 224 de *El enigma del Universo*, 1899].

Incluso darwinistas como Wallace y Huxley no escapan a pensar la evolución como un proceso cósmico explicable a partir de algún tipo de ley fundamental del universo. Si bien Huxley en 1893 ya tiene claro que él no piensa que el progreso de la sociedad consista en “imitar el proceso cósmico”, sigue asumiendo que hay un proceso cósmico. Huxley no niega que exista tal proceso, lo que niega es que el hombre tenga que someterse pasivamente a él. La aceptación de la creencia que la evolución es un proceso cósmico, y sobre todo las implicaciones que tiene para nuestra manera de entender la vida social, es lo que parece llevar a Wallace a negar que el mecanismo de la selección natural pueda explicar el origen del hombre, y en general, que tenga algo que decir con respecto a la vida social del hombre.

<sup>23</sup> Darwin, 1871, vol. I, p. 166.

tintos sociales, que supuestamente son la base del sentido moral, se preserven, cuando claramente sirven para preservar a miembros de la sociedad que no serían los más aptos desde el punto de vista biológico?

El recurso del mecanismo de selección grupal le permite responder a Darwin que se seleccionan aquellos grupos con un sentido moral fuerte, y con ciertas costumbres de cooperación mutua, porque aquellos que no cultivan estas costumbres tienden a desaparecer.

Esta es una idea profundamente antispenceriana. Spencer, como Haeckel, Wallace, Huxley, y la gran mayoría de sus contemporáneos, pensaba que la evolución era un proceso cósmico regido por leyes de alcance universal. Desde esta perspectiva, la idea de Darwin de modificar el mecanismo de selección para explicar la evolución de la cultura sólo podía verse como una modificación *ad-hoc*. Aquí Darwin va en contra del supuesto metafísico de fondo, que había motivado a Whewell a identificar historia con progreso y que había motivado a Spencer a identificar progreso con evolución.

Este supuesto metafísico era uno de los pilares de la concepción positivista de ciencia que no había sido cuestionado ni por Spencer ni por Haeckel ni por Whewell. Me refiero al supuesto de que la estructura mecanicista del mundo debe entenderse como una estructura unificada por medio de leyes de aplicación universal. Se asume que hay una única estructura causal genuina, que es la base de la objetividad de nuestro conocimiento. Por supuesto, ni Darwin ni la gran mayoría de sus contemporáneos vieron las cosas de esta manera. Pero el hecho es que ciertamente Spencer y Haeckel no estarían dispuestos a aceptar un mecanismo de selección grupal como una explicación definitiva; toda explicación tenía que terminar reformulándose en términos de la ley fundamental del progreso, un punto en el que Darwin ya no es "progresionista".

## V

La sugerencia de Darwin de que, si bien en el caso de la evolución orgánica el mecanismo predominante es el de selección individual, en el caso de la evolución social es un mecanismo de selección grupal, sugiere fuertemente algo que muchos biólogos contemporáneos han recalcado: que tomar en serio este tipo de distinciones lleva a una concepción jerárquica de los dominios de aplicación de las leyes de la naturaleza, y en particular lleva a una concepción jerárquica de la selección natural y la evolución.

La idea de que para resolver el desmoronamiento de la historiografía positivista, y del concepto asociado de progreso, se requiere abandonar



una solución "cósmica" acerca de la estructura del conocimiento científico fue sugerida por primera vez en una famosa tesis doctoral de Emile Boutroux, publicada en 1874, *De la Contingence des Lois de la Nature*.

Boutroux defiende una imagen metafísica del mundo, que va a tener un profundo efecto en toda la filosofía del siglo xx, y va a influir tanto en el desarrollo de filosofías convencionalistas como la de Poincaré, como en el desarrollo del positivismo lógico.

Según Boutroux, la realidad consiste de una jerarquía de estructuras, cada una con leyes que tienen una relativa autonomía de las leyes que determinan las estructuras a otros niveles. A nivel atómico hay ciertas leyes que rigen el comportamiento de los átomos, pero estas leyes no determinan, totalmente por lo menos, las leyes que determinan la estructura molecular de los compuestos. Las leyes de la física no determinan las de la biología, ni las leyes de la biología determinan las de la psicología. Boutroux llama "mundos" a estos diferentes niveles de organización, como los llamamos hoy. Para Boutroux no es posible reducir las leyes de un mundo a otro, porque cada uno de esos mundos incorpora aspectos contingentes en su formación que no es posible capturar por medio de las leyes deterministas que determinan la estructura de otros mundos. La idea de Boutroux seguramente hubiera contado con el entusiasmo de Darwin de haberla conocido. Me parece que vale la pena citarlo en extenso:

La doctrina que considera al entendimiento como el punto de vista final del conocimiento tiene el efecto de relegar toda la espontaneidad particular al mundo de la ilusión, de ver en la finalidad sólo una reproducción interna del orden necesario de las causas eficientes, de atribuir el sentido de una libertad de la voluntad a la ignorancia de las causas de nuestras acciones, y de aceptar como existente sólo una causa genuina que produce y gobierna todo por medio de un único acto inmutable [...] si, en definitiva, la contingencia no es más que una ilusión debida a la ignorancia de las condiciones determinantes, la causa no es más que el antecedente enunciado en la ley, o más bien, es la ley misma en su aspecto general; y la autonomía del entendimiento es legítima. *Pero si fuera el caso que el mundo dado manifestara un cierto grado de contingencia realmente irreducible, tendríamos buenas razones para concluir que las leyes de la naturaleza no son autosuficientes, que tienen su razón de ser en las causas que las dominan: de manera tal que el punto de vista del entendimiento no podría ser el punto de vista definitivo del conocimiento de las cosas.*<sup>24</sup>

El emergentismo de Boutroux parte de reconocer la necesidad de incorporar en la visión de la realidad que nos da la ciencia una noción de

<sup>24</sup> Boutroux, *De la Contingence des Lois de la Nature*, 1874, p. 5. (Las cursivas son de Sergio Martínez.)

contingencia que no es reducible a la mera ignorancia de causas. Como hago ver en mi artículo "La síntesis de los conceptos de evolución y mecanismo..." (capítulo XVI) de esta antología, Darwin implícitamente también recurre a la irreducibilidad de aspectos contingentes del mundo para articular un patrón de explicación por selección natural. En este artículo hemos visto que Darwin, implícitamente también, introduce un supuesto emergentista en su explicación del origen de las instituciones sociales y en particular del sentido moral, un supuesto que, como muestra Boutroux, está íntimamente ligado al supuesto de la irreducibilidad del poder explicativo de aspectos contingentes del mundo. No creo que tenga que aceptarse que Darwin "inconscientemente" estaba tratando de articular un cierto tipo de teoría, o un cierto tipo de respuesta. Creo que es más natural pensar que simplemente los problemas pensados a fondo llevan a sugerir respuestas que muchas veces no pueden ser formuladas de manera explícita.

## X. EL PROGRESO EN LA EVOLUCIÓN Y EL SIGNIFICADO DE LA VIDA

WILLIAM B. PROVINE

El progreso pudo haber estado muy bien alguna vez,  
pero ya ha durado demasiado.

OGDEN NASH

SI EL TÍTULO de este trabajo parece manifiestamente ambicioso y pretencioso, entonces considérese éste más preciso (pero difícil de manejar): "El progreso en la evolución, la síntesis moderna en la evolución, los fundamentos de la ética y el significado de la vida". Julian S. Huxley (1942) abordaba todas estas ponderosas materias en el capítulo final de *Evolution. The Modern Synthesis* (Evolución: la síntesis moderna) que dio nombre a la "síntesis evolutiva" de las décadas de 1930 y 1940 (Mayr y Provine, 1980). Huxley argumentaba que en la biología evolutiva moderna tuvo lugar una gran síntesis, demostrando que el proceso de la evolución orgánica en la naturaleza era no intencional, pero sí progresivo. Los seres humanos estaban en el pináculo del progreso evolutivo y aunque no se podía detectar ninguna intención o dirección de Dios en la evolución, la ética podría basarse en una comprensión del progreso evolutivo. Más aún, el lugar del hombre en la naturaleza, en la cúspide del proceso evolutivo, dio un significado más profundo a la existencia humana del que le había dado cualquier otra cosa.

Argumentaré que la idea de Huxley acerca de un progreso en la evolución no es más que la imposición de sus valores culturales sobre la evolución, que la síntesis moderna en la evolución difícilmente es siquiera una síntesis y debería ser rebautizada, que la ética no puede fundarse sobre ninguna noción de "progreso" en la evolución y que el proceso de evolución no confiere significado a la vida. Sin embargo, Huxley tenía razón en que los avances en la biología evolutiva destruirían la esperanza y la creencia ampliamente extendidas acerca de que la evolución era guiada por fuerzas directrices conscientes o inconscientes.

## JULIAN HUXLEY Y EL PROGRESO EN LA EVOLUCIÓN

La biología evolutiva plantea cuestiones fundamentales acerca de la cultura humana. Casi simultáneamente con su invención del mecanismo de la selección natural, Charles Darwin abrió sus cuadernos *M* y *N* acerca del hombre, la mente y el materialismo (véase especialmente la nueva y cuidadosa edición crítica de los cuadernos de Darwin en Barrett *et al.*, 1987). En ellos anotaba sus reflexiones sobre las implicaciones culturales, psicológicas y metafísicas de la evolución por selección natural. La mayor parte de los evolucionistas del siglo XIX escribieron y hablaron ampliamente acerca de las implicaciones más generales de la evolución. La bibliografía del periodo 1859-1900 sobre las implicaciones culturales de la evolución es enorme. El abuelo de Julian Huxley, Thomas Henry Huxley, estaba muy interesado en las implicaciones de la evolución. Rechazaba la idea de que la ética pudiera basarse en el proceso evolutivo que él consideraba como totalmente amoral y con frecuencia repugnante. Presentó este argumento vehementemente en la segunda Conferencia Romanes en 1893 ("Evolución y Ética", T. H. Huxley, 1894), cuando Julian tenía seis años.

Desde el principio de su carrera científica, Julian Huxley creyó siempre y sin ambigüedades que la evolución era progresiva y ofrecía una esperanza y un sentido a la existencia humana. Su primer libro, *The individual in the Animal Kingdom* (1912), glorificaba de principio a fin el progreso evolutivo del individuo, del protozoo individual primordial a la sociedad humana. Huxley argumentaba incluso que "el Estado" era un individuo evolutivamente avanzado. Decía que la evolución tendía a producir los cerebros: "Es notable que el curso de la diferenciación interna tendiera una y otra vez —en los gusanos, insectos, crustáceos, arácnidos, moluscos y vertebrados— a la misma dirección: hacia la formación de un cerebro" (Huxley, 1912, p. 140). El libro concluía con esta nota:

Todos los caminos llevan a Roma: e incluso la individualidad animal arroja una luz sobre los problemas humanos. Los ideales de la armonía activa y la ayuda mutua como los mejores medios para alcanzar el poder y el progreso; la esperanza que surge de la capacidad de la vida para transformar lo viejo o para arrojarlo de sí en favor de lo nuevo; y el acicate para el esfuerzo sabiendo que ella no hace nada con ligereza o sin una larga lucha: esto no puede sino ayudar a apoyar y dirigir esos hombres sobre los cuales recae la tarea de moldear e inspirar aquel voluminoso individuo —informe y ciego ahora, pero lleno de posibilidades— que es el Estado. [Huxley, 1912, p. 154.]

Creo que este pasaje ayuda a esclarecer la defensa, de otras maneras misteriosas, de los escritos de Teilhard de Chardin cuando comenzaron

a ser publicados, a principios de los años cincuenta. La noción de Teilhard de la evolución progresiva que llevaba a la "noósfera" y más tarde a la conciencia colectiva del Punto Omega (Teilhard de Chardin, 1959) congeniaba con las creencias de Huxley acerca del desarrollo progresivo de los individuos en la evolución.

A juzgar por su encomio de Bergson (Huxley, 1912, p. vii) y de la ortogénesis (evolución dirigida), dos años más tarde (Huxley, 1914, p. 560), Huxley sospechó que en las tempranas décadas de 1910 la evolución no era solo progresiva sino dirigida a un fin [*purposive*]. Después, él rechazó cualquier huella de un propósito en la evolución.

*Evolución: la síntesis moderna* era un enorme compendio de la investigación sobre biología evolutiva, la mayor parte realizada a partir de 1900. La imposición del argumento de Huxley en el libro se nota fácilmente en los primeros dos párrafos del capítulo uno:

La evolución puede pretender ser considerada el más central y el más importante de los problemas de la biología. Para atacarla necesitamos hechos y métodos de todas las ramas de la ciencia —ecología, genética, paleontología, distribución geográfica, embriología, sistemática, anatomía comparada— para no mencionar los refuerzos de otras disciplinas tales como la geología, la geografía y las matemáticas.

La biología en la época actual está entrando en una fase de síntesis luego de un periodo en el que las nuevas disciplinas fueron tomadas por turnos y trabajadas en un aislamiento comparativo. En ninguna parte este movimiento hacia la unificación parece más valioso que en este tema multiaspectual de la evolución; y ya hoy estamos viendo los primeros frutos en la reanimación del darwinismo. [Huxley, 1942, p. 13.]

Las implicaciones más amplias de la síntesis moderna en la evolución comienzan a emerger claramente sólo en el último capítulo, "Evolutionary Progress". Huxley definía el progreso evolutivo como "consistente en un aumento del nivel superior de la eficiencia biológica, siendo ésta definida como un control incrementado sobre el ambiente y como una independencia de él. Alternativamente, podemos definirla como un incremento del nivel superior de la eficiencia funcional global y de la armonía del ajuste interno" (Huxley, 1942, pp. 564-565).

Nada en esta definición del progreso evolutivo indicaba que la evolución fuera intencional. De hecho, Huxley afirmaba que "el hombre ordinario, o por lo menos el poeta, el filósofo, y el teólogo ordinario" siempre ha estado ansioso por encontrar un propósito en el proceso evolutivo.

Creo que este razonamiento es completamente falso. El propósito manifiesto en la evolución, sea en la adaptación, la especialización o el progreso biológi-

co, sólo es aparente. Éste es justamente tan producto de fuerzas ciegas, como lo es la caída de una piedra en la tierra o como el flujo y reflujo de las mareas. Somos nosotros quienes hemos leído un propósito en la evolución, de la misma manera en que los hombres anteriores proyectaban voluntad y emoción en fenómenos inorgánicos como una tormenta o un terremoto. Si deseamos trabajar en favor de un propósito para el futuro del hombre, debemos formular el propósito nosotros mismos. Los propósitos en la vida se hacen, no se encuentran. [Huxley, 1942, p. 576.]

No obstante, sin un propósito de algún tipo ¿cómo podría la evolución servir como guía para la ética o dar un significado a la vida humana? Huxley contestaba:

Pero si no podemos descubrir un propósito en la evolución, podemos discernir una dirección —la línea del progreso evolutivo—. Y esta dirección pasada puede servir como una guía en la formulación de nuestro propósito para el futuro. El incremento en el control, en la independencia, en la coordinación interna; del conocimiento, de los medios para coordinar el conocimiento, del grado de elaboración e intensidad del sentimiento —esas son las tendencias del orden más general—. Si no las continuamos en el futuro, no podemos esperar estar en la línea principal del progreso evolutivo, no más de lo que estaría un erizo de mar o un platelminto. [Huxley 1942, pp. 576-577.]

En su propio criterio, la mayor parte del cambio evolutivo no era progresivo. De hecho, Huxley concluyó que de todos los animales, sólo los humanos conservaban el potencial para un progreso ulterior. Todos los organismos unicelulares existentes fueron automáticamente descartados de la evolución progresiva. "Sólo en el agua han alcanzado los moluscos algún avance. Los artrópodos no solamente se hallan obstaculizados por su necesidad de mudar; sino que sus representantes terrestres [...] están restringidos a un tamaño muy pequeño a causa de su respiración traqueal." La evolución progresiva era imposible para los animales de sangre fría; el progreso requería de pulmones y de sangre caliente, "porque solamente con un medio interno constante podría el cerebro alcanzar regularidad y estabilidad para sus funciones más finas". Esto dejaba solamente a los pájaros y a los mamíferos. "Pero los pájaros fueron descartados por privárseles de las manos potenciales en favor de las alas actuales, y quizás también por la restricción a sus tamaños que se hizo necesaria en interés del vuelo." Huxley eliminó a todos los mamíferos excepto a los humanos con argumentos tales como, "Un caballo o un león están blindados contra el progreso por la misma eficiencia de sus miembros y dientes y sentido del olfato: son una pieza limitada de maquinaria orgánica" (todas las citas en este párrafo proceden de Huxley, 1942, p. 570). Finalmente,

el último paso que se ha dado en el progreso evolutivo, y el único que sostiene la premisa de un progreso ilimitado (o de hecho de cualquier progreso ulterior) en el futuro evolutivo es el grado de inteligencia que implica el habla verdadera y el pensamiento conceptual; y éste se encuentra únicamente en el hombre. [...] El pensamiento conceptual no se encuentra simple y exclusivamente en el hombre: no podría haber evolucionado sobre la Tierra excepto en el hombre [Huxley, 1942, pp. 570-571].

Con esta perspectiva del progreso evolutivo, Huxley llegó a la conclusión lógica: "La evolución es, entonces, vista como una serie de callejones ciegos" (Huxley, 1942, p. 571), excepto, por supuesto, la avenida evolutiva que conduce a los humanos.

Al trabajar los fundamentos de la nueva síntesis en biología evolutiva, Julian Huxley concluyó entonces, en contra de los puntos de vista de su abuelo, que la evolución orgánica era progresiva y que el progreso evolutivo ofrecía las bases para la ética y el sentido en la vida.

#### LA SÍNTESIS EVOLUTIVA

¿Qué era exactamente esta "síntesis moderna" que figuraba tan prominentemente en el libro de Huxley? Como historiador que soy, inmediatamente sospecho cuando alguien describe sus puntos de vista como la manera "nueva" o "moderna" de ver las cosas, para distinguirlas netamente de las maneras "viejas" inferiores. La etiqueta de "nuevo" es frecuentemente poco más que una exageración académica, un intento para atraer la atención. Sólo dos años antes, Huxley había editado un volumen que intituló, *The New Systematics* (Huxley, 1940). Para todas las evaluaciones críticas de entonces y de ahora este libro tenía muy poca "nueva" sistemática en él. Así que es justo preguntar, ¿qué era esta "síntesis moderna" en la biología evolutiva?

Existen casi tantas versiones de la síntesis evolutiva como biólogos evolucionistas importantes asociados a ella, aumentadas por un generoso número de versiones aportadas por evolucionistas más jóvenes, historiadores y filósofos.

Existe una maravillosa simetría en las interpretaciones de la síntesis evolutiva de los biólogos que participaron en ella. Cada uno sentía menospreciada su contribución, y tenía que luchar por el lugar que le correspondía.

Ernst Mayr ha dicho en varias ocasiones que alrededor de los años cincuenta, el papel de los sistemáticos y los naturalistas (incluido su propio trabajo) en la síntesis evolutiva había sido terriblemente menospreciado por los genetistas quienes argumentaban que las figuras cen-

trales de la síntesis evolutiva eran Fisher, Haldane, y Wright. Mayr comenzó su campaña para enfocar la atención sobre las contribuciones de los sistemáticos con su intervención en el centenario de Darwin, "Where Are We?", realizada en el Simposio de Cold Spring Harbor (Mayr, 1959). De hecho, organizó su simposio sobre la síntesis evolutiva en 1974 precisamente porque quería destacar el papel de los sistemáticos durante las décadas de 1930 y 1940. Quizá ahora es difícil pensar que Mayr podría haber sentido que había sido dejado fuera de la síntesis, pero así era.

Sewall Wright escribió en un tono fuerte su reseña del artículo de Mayr "Where Are We?" porque pensaba que Mayr estaba tratando de dejar fuera de la síntesis evolutiva a él y a los otros genetistas matemáticos de poblaciones (Wright, 1960). El sentimiento que tenía Wright de haber sido dejado fuera, había sido exacerbado ya por las reacciones cada vez más negativas a la importancia de la deriva genética fortuita en la evolución y por la incompreensión de su teoría del balance cambiante de la evolución (véase Provine, 1986, cap. 12). Wright creía, por consiguiente, que había sido dejado fuera de la síntesis tanto por los genetistas como por los sistemáticos. Gran parte del desacuerdo entre Mayr y Wright gira alrededor no tanto de las diferencias en sus puntos de vista sobre biología evolutiva, sino de sus diferencias en la interpretación del papel del otro en la síntesis evolutiva.

Julian Huxley trató de conseguir su lugar en la síntesis evolutiva al escribir *Evolution. The Modern Synthesis* y defender este trabajo en cada ocasión posible. Él nunca revisó el libro, pero lo publicó dos veces más como nueva edición con introducciones nuevas. En la introducción a la edición de 1962 (la segunda), claramente quería que el mundo supiera que él era el verdadero arquitecto de la nueva síntesis (véase también su intervención en el encuentro Golden Jubilee de la Genetics Society of America en 1950). Pensó que nunca se le había dado el debido crédito por su papel en la síntesis.

George Gaylord Simpson dudaba si asistir o no a la conferencia de Mayr sobre la síntesis evolutiva, porque pensaba que la conferencia no era conducente para elucidar su contribución a la síntesis. Después de la conferencia estaba ofendido por la falta de aprecio de sus contribuciones a la síntesis evolutiva, cosa que subraya más cuidadosamente en su autobiografía, *Concession to the Improbable* (1978) y en su nueva introducción a la reimpresión de su *Tempo and Mode in Evolution* (1984). Simpson creía que él era una de las figuras mayores de la síntesis evolutiva, pero que su papel y el de la paleontología habían sido menospreciados.

C. H. Waddington se sintió tan menospreciado y privado por Mayr y otros de un papel prominente en la síntesis evolutiva, que publicó todo



un libro, *Evolution of an Evolutionist* (1975), para mostrar la importancia de su papel al colocar a la embriología dentro de la síntesis. G. Ledyard Stebbins ha señalado en varias ocasiones que el papel de la botánica en la síntesis evolutiva ha sido oscurecido por las contribuciones zoológicas, en parte por la fuerza de los zoólogos al tomar su porción en el crédito, ayudados por el chovinismo animal tan profundamente asentado en nuestra cultura. Las otras grandes figuras de la síntesis evolutiva, Dobzhansky, Fisher, Ford, Goldschmidt, Darlington, Muller, Rensch, y Timofeev-Ressovsky, creían que no se le daba a su trabajo en la síntesis, visto en perspectiva, todo el crédito que merecía. La simetría aquí es siempre muy evocadora de un departamento académico de estudiosos de gran renombre, donde cada uno cree predeciblemente que su trabajo no es apreciado justamente por el jefe y por el resto del departamento, no importa qué recompensas, condecoraciones y apoyo se le otorguen.

Entre los evolucionistas más jóvenes, el desacuerdo acerca de la síntesis evolutiva es grande. Niles Eldredge escribió que la síntesis evolutiva ocurrió, pero no llegó suficientemente lejos. Él argumenta que los taxónomos jerárquicos en y por encima del nivel de las especies no fueron sintetizados propiamente con otros procesos evolutivos en los treinta y cuarenta (Eldredge, 1985). Stephen Jay Gould alega que la síntesis evolutiva se endureció, en sus estadios tardíos, en una perspectiva panselccionista que minimizaba la multiplicidad de los procesos evolutivos, incluyendo los constreñimientos biológicos, los mecanismos no-adaptativos, la especialización extremadamente rápida, y la selección al nivel de las especies (Gould, 1983). Motoo Kimura dice que la síntesis evolutiva es la causa de la reacción negativa tan intensa a su teoría neutral de la evolución molecular por parte de muchos de los arquitectos de la síntesis que todavía viven (Kimura, 1983). Stebbins y Ayala (1981) argumentaron con fuerza que la síntesis evolutiva ocurrió y brindó una base sólida a la biología evolutiva de hoy, perspectiva también defendida por Futuyama.

Janis Antonovics, en su comunicación como presidente de la American Society of Naturalists en 1986, argumentaba que la síntesis evolutiva ocurrió, pero impidió más que promovió el avance de la biología evolutiva.

Mi hipótesis es que la síntesis evolutiva fracasó de varias y engañosas maneras. Yo sostengo que la síntesis tuvo un pequeño efecto directo sobre el progreso de la biología evolutiva como disciplina y que, al nivel conceptual, incluso puede haber estorbado más que ampliado nuestra comprensión de la evolución. Muchos de los efectos negativos de la síntesis han durado hasta hoy en términos de la estructura institucional y conceptual del campo. Sugiero que éste es probablemente el momento para que, en lugar de tratar de ter-

minar la síntesis como Eldredge (1985) ha exhortado, trabajemos fervorosamente para desmantelarla. Sugiero que únicamente logrando una "dis-síntesis" podemos liberarnos de muchas de las dificultades metodológicas, conceptuales e incluso sociorreligiosas que plagan a la biología evolutiva. [Antonovics, 1987, p. 321.]

Y finalmente, Mayr ha reevaluado recientemente la síntesis evolutiva en un ensayo titulado "On the Evolutionary Synthesis and After" (Mayr, en prensa). Ahí argumenta que las críticas recientes a la síntesis evolutiva no aprecian el firme fundamento ofrecido por la síntesis evolutiva, aunque también se refiere a la síntesis alternativamente como unificación y como consenso. Brevemente, argumentaré que esta terminología es fundamental.

Un hecho brilla entre toda esta diversidad de opiniones acerca de la síntesis evolutiva: todas concuerdan en que *algo importante ocurrió en la biología evolutiva durante las décadas de 1930 y 1940*. Cualquier cosa que haya sido no había sucedido en 1930, pero había sucedido para el centenario de Darwin en 1959. ¿Qué había sucedido exactamente? ¿Podemos caracterizar la "síntesis evolutiva más precisamente? Pienso que sí.

Quizá la manera más fácil de comenzar sea especificar lo que la síntesis evolutiva no es. Primero, escasamente es una síntesis. Según Huxley, y más tarde Mayr, muchos campos eran parte de la síntesis. Entre éstos estaban la ecología, la genética, la paleontología, la distribución geográfica, la embriología, la sistemática, la anatomía comparada, y algunas matemáticas. Puedo estar de acuerdo en que había una síntesis cuantitativa de la herencia mendeliana y de varios factores que pueden cambiar las frecuencias genéticas en las poblaciones. Aunque esto fue logrado en los modelos de Fisher, Haldane, Wright, Hogben, Chetverikov y otros, aunque con frecuencia estaban en un profundo desacuerdo unos con otros, acerca de los procesos actuales de la evolución en la naturaleza, incluso cuando sus modelos eran matemáticamente equivalentes. Más allá de esta síntesis genuina, el resto de la "síntesis evolutiva" fue más un ejercicio de remover barreras, argumentar consistentemente (estos dos cercanamente relacionados) y elaborar un consenso. También estaba implicado mucho de lo que los matemáticos llaman "saludos de manos", especialmente en el momento en que Huxley acuñó el término "síntesis moderna".

Me doy cuenta de que Mayr y Shapere (en Mayr y Provine, 1980) y otros han querido caracterizar como "síntesis" los argumentos de consistencia y la remoción de barreras entre los campos, pero yo prefiero llamar a estos avances por lo que son: argumentos de consistencia y remoción de barreras, y reservar "síntesis" para aquello que realmente es sintetizado. Por supuesto, los argumentos de consistencia y la remo-

ción de barreras pueden ser precursores, incluso necesarios, antes de que la síntesis tenga lugar.

En segundo lugar, la síntesis no se caracteriza por nuevos descubrimientos, conceptos o teorías asombrosos o extraordinarios. Algunos candidatos podrían ser el "teorema fundamental de la selección natural" de Fisher, la teoría del balance cambiante de la evolución en la naturaleza y la superficie de valores selectivos de Wright, el efecto fundador y la revolución genética en relación con la especialización geográfica de Mayr, el concepto de Waddington de un paisaje epigenético, y el "engranaje" de Muller. Mientras que cada uno de éstos desempeñó un papel significativo en el periodo de la síntesis evolutiva, ninguno da el ancho como un concepto o teoría alrededor del o de la cual se pudiera construir la síntesis evolutiva igual que, por ejemplo, Darwin construyó su teoría de la evolución en la naturaleza alrededor del mecanismo de la selección natural.

Finalmente, la síntesis evolutiva de los treinta y los cuarenta no se caracterizaba por un acuerdo sobre los mecanismos de la evolución en la naturaleza. Aunque Fisher y Wright alcanzaron un acuerdo casi completo sobre las consecuencias matemáticas de sus diferentes modelos cuantitativos del proceso evolutivo, discrepaban intensamente acerca de los pesos relativos de diferentes variables en la evolución natural (véase Provine, 1985) nunca pudieron ponerse de acuerdo en los papeles relativos de la selección y la deriva genética aleatoria en la estructura poblacional de las poblaciones naturales. Fisher y Ford usaron poco los conceptos de Mayr del efecto fundador y de la revolución genética en la especiación (Ford, 1964). Al final de la década de 1940, como Gould ha señalado, hubo un "endurecimiento de la síntesis" hacia un proceso dominado por una selección natural determinista; y esta dominación duró hasta finales de los sesenta, cuando comenzó a debilitarse mucho (Gould, 1983). Pero este endurecimiento se dio solamente al final del periodo de síntesis, años después de que Huxley y Mayr pensaran que la biología evolutiva había sido "sintetizada". Son abrumadoras las pruebas de que los biólogos evolucionistas discrepaban mucho acerca de los mecanismos de la microevolución durante el periodo de síntesis, e incluso mucho más acerca de los mecanismos de especiación (Provine, en prensa).

Si la síntesis evolutiva no era, en primer lugar, una síntesis, tampoco se caracterizó por nuevos e importantes descubrimientos o teorías, no generó el acuerdo entre los biólogos evolucionistas acerca de los mecanismos de la microevolución o de la constitución de especies, y sin embargo ocurrió, entonces, ¿qué fue? ¿Qué sucedió a la biología evolutiva durante los treinta y cuarenta que convenció a sus participantes de que hubo un avance palpable durante este tiempo?

UNA INTERPRETACIÓN DIFERENTE:  
LA CONSTRICCIÓN EVOLUTIVA

Una clave reveladora procede de la historia de las ideas acerca de la herencia a finales del siglo XIX y principios del XX. En 1894, el biólogo francés Yves Delage, profesor en la Universidad de París, entregó para su publicación un enorme manuscrito sobre las ideas acerca de la herencia. Estaba completamente actualizado con numerosas referencias a los textos publicados en 1894 (su introducción a la primera edición estaba fechada en diciembre de 1894). El libro, titulado *L'Hérédité et les Grandes Problèmes de la Biologie Générale* (Delage, 1895) era un enorme compendio y análisis de todas las teorías de la herencia hasta antes de 1894. Delage citaba y se refería a la obra de Focke, *Die Pflanzen-Mischlinge* (1882), en la que se discutía el trabajo de Mendel, pero Delage mismo no se refería de ninguna manera a Mendel. Esto no era sorprendente en 1895.

El libro fue bien recibido y Delage preparó una segunda edición "revisada, corregida y aumentada" que se publicó en 1903. La bibliografía permaneció sin alteración, pero el libro estaba tachonado con nuevas notas de pie de página (con asteriscos especiales) que se referían a y discutían las publicaciones de 1894 a 1901. Correns y Tschermak no se mencionan en ninguna parte. Hay una discusión sustancial de la teoría de De Vries de la pángenesis intracelular e incluso de algo de su trabajo hasta 1900, pero nada acerca del redescubrimiento de Mendel. La obra de Bateson, *Materials for the Study of Variation* (1894), era el más reciente de sus trabajos discutido en el libro. Mendel mismo se habría espantado, puesto que la teoría del ideoplasma de Nägeli recibía 51 páginas de análisis. La teoría de la herencia de Weismann alcanzaba 53 páginas de discusión. Este libro era un verdadero logro monumental, hacía equilibrio en el filo antes del redescubrimiento de la herencia mendeliana.

Ocho años después de la segunda edición del libro de Delage aparecieron tres libros de texto alemanes sobre la herencia; de Erwin Baur (1911), Richard Goldschmidt (1911), y Valentin Haecker (1911). Baur no mencionaba a Delage o su libro y los otros dos solamente incluían una cita del libro en sus bibliografías. Para la tercera edición de su libro de texto en 1919, Goldschmidt había prescindido de toda mención del libro de Delage. Ninguno de los otros libros de texto sobre la herencia publicados después de 1905 (cuando apareció la primera edición de *Mendelism* de Punnett) mencionaba siquiera a Delage o su libro sobre la herencia. Se incluyen en esta lista los libros de texto de Lock (1906), Bateson (1909), Walter (1913), y Castle (1916). Si no hubiera aparecido el mendelismo, mi idea es que, no obstante cualquier chovinismo nacional existente, el libro de Delage habría tenido que ser traducido al inglés y al

alemán y habría sido el libro más citado sobre la herencia durante las primeras dos décadas del siglo xx. Pero el mendelismo llegó en 1900, y soterró la segunda edición del libro de Delage justamente cuando se publicaba.

El mendelismo sumergió en la oscuridad a todas las teorías sobre la herencia que aparecieron antes de 1900. La teoría de Nägeli, que mereció más de 50 páginas de análisis en 1900, no alcanzó ninguna después de esa fecha. En cambio, una teoría que Nägeli calificaba como una combinación de algo extremadamente ambicioso, limitado e inconsecuente, se convirtió en la teoría de la herencia. Diez años después de su redescubrimiento, el mendelismo dominaba de tal manera el estudio de la herencia que los jóvenes no habían oído siquiera escasamente hablar de las teorías de la herencia anteriores. *La pangénesis intracelular* de De Vries recibía alguna atención pero principalmente a causa de su papel en el redescubrimiento del mendelismo y su teoría de la mutación.

Creo que este ejemplo tomado de la historia del estudio de la herencia arroja alguna luz sobre la situación en la biología evolutiva durante la misma época. Al momento de su muerte, en 1882, Darwin había convencido a los biólogos de todo el mundo que la evolución orgánica había ocurrido. Louis Agassiz, que había conservado sus creencias creacionistas, era ya entonces considerado un anacronismo al momento de su muerte en 1873. Pero si Darwin había vuelto evolucionistas a los biólogos, tuvo mucho menos éxito en convencerlos de que la selección natural era el principal mecanismo de la evolución en la naturaleza.

Hacia 1900, la variedad de mecanismos evolutivos defendidos por los biólogos era para confundir a cualquiera. La mayor parte de los evolucionistas destacaban mecanismos diferentes a la selección natural (Bowler, 1983). Casi cada teoría de la herencia que Delage había examinado en su voluminoso libro estaba asociada con una teoría de un mecanismo de evolución. La razón más importante para rechazar la selección natural como el mecanismo principal de la evolución en la naturaleza, era la falta de ejemplos convincentes, y la franca aversión a las implicaciones mecanicistas de un mecanismo oportunista y desprovisto de propósitos. Según mi propia estimación aproximativa, la mayoría de los biólogos evolucionistas en el tardío siglo xix creían en uno u otro mecanismo intencional de evolución.

¿Qué le sucedió a este amplio cuerpo de teorías de la evolución cuando la herencia mendeliana fue redescubierta? ¿Desaparecieron las teorías de los mecanismos de evolución junto con las teorías de la herencia? No. No solamente éstas no desaparecieron sino que emergieron nuevas teorías de la evolución para agregarse a las ya existentes, siendo la más importante la teoría de la mutación de Hugo de Vries (1901-

1903). El arsenal de teorías de la evolución disponible en 1907 puede ser fácilmente visto si se consulta el magistral *Darwinism To-Day* (1907) de Vernon L. Kellogg. Y éste puede ser comparado con *Evolution To-Day* (1886) de H.W. Conn, o con su *Method of Evolution* (1909) para ver que los primeros años del siglo no habían mermado seriamente las filas de las teorías de los mecanismos de la evolución. El libro de Conn, *Evolution To-Day*, incluso fue reimpresso sin modificaciones en 1907. Una reedición en 1907 de un compendio sobre la herencia publicado por primera vez en 1886 era casi impensable.

En 1909, Delage y una colaboradora, Marie Goldsmith, publicaron en francés una reseña de las teorías de la evolución. Este libro dedicaba uno de los 22 capítulos a la herencia mendeliana y su significado para la evolución. Puesto que yo estaba tentado a concluir que la oscuridad en que quedó la segunda edición del libro de Delage obedecía en gran parte al chovinismo de los biólogos ingleses y estadounidenses, el destino de este libro sobre la evolución es instructivo: el libro apareció en traducción inglesa en 1912 con editores tanto en Londres como en Nueva York. Hubo una continuidad de las teorías sobre los mecanismos de la evolución a lo largo de la vuelta del siglo.

Este arsenal de teorías de la evolución sufrió casi el mismo destino de extinción que las teorías de la herencia antes de 1900, pero en un momento diferente. El mendelismo no afectó seriamente las teorías intencionales de la evolución, y no venció a las teorías evolutivas basadas en la herencia de caracteres adquiridos. En cambio, de la misma manera en que el mendelismo expulsó las anteriores teorías de la herencia, la "síntesis evolutiva" expulsó las anteriores teorías del mecanismo de la evolución.

La síntesis evolutiva no era tanto una síntesis como un amplio recorte de variables consideradas importantes en el proceso evolutivo. Comenzando a finales de la década de 1910, los teóricos de la genética de poblaciones —Fisher, Haldane, y Wright— argumentaron que la evolución en la naturaleza podía ser modelada cuantitativamente (Provine, 1978). Ellos demostraron claramente con sus modelos que la evolución dentro de una población puede ser cuantificada por medio de relaciones cuantitativas entre relativamente pocas variables. El prestigio de los modelos matemáticos, los modelos aplicados por Dobzhansky y Wright a poblaciones naturales de *Drosophila pseudoobscura* y por Ford y Fisher a *Panaxia dominula* (sobre estos trabajos véase Provine, 1986), y la aplicación por Huxley y Mayr de la nueva genética a la sistemática y por Simpson a la paleontología, se combinaron con la muerte de una generación más vieja de evolucionistas para producir lo que parecía como una nueva manera de considerar la biología evolutiva.

Lo nuevo en esta concepción de la evolución no eran las variables individuales, la mayor parte de las cuales habían sido reconocidas hacía tiempo, sino la idea de que la evolución dependía de relativamente pocas de ellas. Así ha ocurrido con la mayor parte de la ciencia. La ciencia ha demostrado que hay fenómenos que parecen tan complejos que desafían a la imaginación; sea el movimiento de la Tierra, la acción de las mareas, o la periodicidad de los cometas dependen, para nuestra sorpresa, esencialmente de pocas variables. En lugar de una síntesis, los biólogos evolucionistas durante los treinta y los cuarenta llegaron a alcanzar un resonante acuerdo sobre un conjunto relativamente pequeño de variables como fundamentales para la comprensión de la evolución en la naturaleza. A esto lo llamaré ahora la "constricción evolutiva", que me parece una descripción más precisa de lo que realmente le sucedió a la biología evolutiva.

El término "constricción evolutiva" nos ayuda a entender que los evolucionistas después de 1930 pueden discrepar intensamente entre sí acerca de la efectiva magnitud de la población, la estructura de la población, la deriva genética aleatoria, los niveles de heterocigosis, las tasas de mutación, las tasas de migración, etc., pero todos podrían estar de acuerdo en que estas variables fueron o podrían ser importantes para la evolución natural y en que las fuerzas intencionales no jugaron en absoluto ningún papel. De manera que el acuerdo residía en el conjunto de variables y el desacuerdo concernía a las diferencias en la evaluación de las influencias relativas de cada una de las variables sobre las que se estaba de acuerdo. Estoy de acuerdo con Gould en que la biología evolutiva "se endureció" encaminándose hacia una interpretación seleccionista especialmente hacia finales de los cuarenta y durante los cincuenta. Veo esto como una constricción ulterior de la constricción evolutiva (pero me gusta como suena "endurecimiento de la constricción").

La constricción evolutiva expulsó de la biología evolutiva todas las teorías intencionalistas de la evolución que habían sido tan comunes y populares antes de 1930. Después de la constricción, la biología evolutiva fue totalmente vaciada de mecanismos intencionales. Por eso uno de los efectos de la constricción fue el hacer que el conflicto entre evolución y religión fuera ineludible, o dicho de otra manera, la anteriormente respetable compatibilidad de la religión y la evolución se tornó menos sostenible. En el Scopes "Monkey Trial" de 1925 en Daytona, Tennessee, el decano de los evolucionistas estadounidenses era Henry Fairfield Osborn del American Museum of Natural History. Para el juicio escribió un pequeño libro titulado *The Earth Speaks to Bryan* (Osborn, 1925) en el que argumentaba que no había ningún conflicto entre la evolución en la naturaleza y sus propias y profundamente asentadas creencias religiosas.

Si el señor Bryan, con mente y corazón abiertos, tirara todos sus libros y todas las disputas entre doctores y estudiara de primera mano los sencillos archivos de la naturaleza, todas sus dudas desaparecerían; él no perdería su religión; *se volvería un evolucionista*. [Osborn, 1925, pp. 20-21.]

La propia teoría de Osborn del mecanismo primario de la evolución era una fuerza intencional que él llamaba "aristogénesis". La constricción evolutiva eliminó esta fuerza junto con el enormemente popular *élan vital* de Bergson y una gran cantidad de otras teorías intencionalistas. El argumento del diseño, que había sobrevivido en la biología evolutiva mientras la selección natural de Darwin fue complementada con mecanismos intencionales adicionales, se marchitó después de la constricción.

#### JULIAN HUXLEY, LA CONSTRICCIÓN EVOLUTIVA Y EL PROGRESO

La obra de Huxley *Evolution. The Modern Synthesis* es la ejemplificación perfecta de mi tesis respecto a la constricción evolutiva. El libro es cualquier cosa menos una síntesis. Consiste casi enteramente en una recopilación y discusión del conjunto restringido de variables, con muy poca digestión o síntesis de las variables (es más, el conjunto de variables de Huxley era más extenso que aquél utilizado por Dobzhansky, Wright, Simpson, Rensch, o cualquiera de las figuras más importantes del periodo). Además del apoyo que Huxley dio a los experimentos de percepción extrasensorial de J. B. Rhine (Huxley, 1942, p. 574), no hay absolutamente ningún indicio de propósitos en ninguno de los mecanismos de evolución presentados en el libro.

Uno de los grandes atractivos de las teorías intencionalistas de la evolución antes de la constricción era la posibilidad de tener una sólida noción de progreso evolutivo. El truco difícil era tener el progreso sin el propósito. Esto era lo que Huxley quería desesperadamente. Su solución fue definir criterios antropomórficos para medir el progreso o, en otras palabras, argumentar que cualquier cosa que lleve hacia los humanos en la evolución constituye un progreso. Huxley negaba a gritos cualquier sugerencia de antropomorfismo, aunque era escandalosamente antropomórfico en su discusión del progreso evolutivo.

¿Qué representa el progreso en la evolución? El incremento del tamaño del cerebro respecto al peso del cuerpo, la longevidad de los taxa, el grado de adaptación adecuada al cambio en el medio ambiente, el grado de sociabilidad, y un gran número de otros criterios que vienen a la mente. La familia de los virus del Sida llena algunos de estos criterios mejor que los homínidos. Cuando se juzgan con criterios particulares,



muchos cambios evolutivos pueden ser racional y coherentemente interpretados como progresivos o como regresivos. El problema es que no existe una base última en el proceso evolutivo a partir de la cual juzgar el verdadero progreso. Cuando había un propósito en la evolución *existía* tal base, pero la constrictión evolucionista eliminó el propósito.

Cuando Thomas Henry Huxley argumentaba que la evolución en la naturaleza no proveía ninguna base para la ética, regresó de nuevo a la herencia judeocristiana. Julian Huxley renunció a la herencia judeocristiana muy pronto. Parecía pensar que la única esperanza para dar un fundamento a la ética y un sentido profundo a la vida estaba de alguna manera vinculada con el progreso en la evolución. Por eso, renunciar al progreso en la evolución era para él renunciar a algo demasiado importante.

Con esta perspectiva, es comprensible la elogiosa introducción de Huxley al trabajo póstumo de Teilhard de Chardin, *The Phenoménon of Man* (1959). La perspectiva intencionalista de Teilhard acerca de la evolución pareció ridícula a la mayor parte de los biólogos evolucionistas en el centenario de la publicación de *On the Origin of Species* de Darwin. Simpson (1964), Medawar (1961) y muchos otros apalearon el libro. Sin embargo, Julian Huxley lo defendía, incluso después de haber argumentado durante décadas que no existían las fuerzas intencionales en la evolución. La clave era el progreso. Teilhard creía que había un progreso en la evolución y que éste daba sentido a la vida. Como Huxley declaraba en el primer párrafo de su introducción al libro, Teilhard

es capaz de concebir el conjunto de la realidad cognoscible no como un mecanismo estático sino como un proceso. En consecuencia, se ve llevado a la búsqueda del significado de lo humano en relación con las tendencias de ese proceso duradero y comprensivo; la medida de su estatura es el éxito tan grande que alcanzó en esa búsqueda [Teilhard de Chardin, 1959, p. 11].

Dobzhansky defendía también a Teilhard (Dobzhansky, 1969), algo que sorprendió a los que no sabían que él siempre había sido una persona religiosa que quería encontrar en la evolución algún sentido último para la vida.

Mi apreciación es que Huxley (y Dobzhansky) sabían que no había un propósito en la evolución, pero, sin embargo se aferraban desesperadamente a la esperanza de que incluso la evolución no intencional pudiera arrojar el mismo significado congenial para la vida que el ofrecido por la evolución intencional. La vasta mayoría de los biólogos evolucionistas actualmene están de acuerdo con las estimaciones de Simpson y Medawar, y consideran una aberración el endoso que Huxley hizo de Teilhard y algo completamente fuera de lugar respecto a la biología evolutiva moderna.

Cuando había un propósito en la evolución, podía haber un progreso real. La constrictión evolutiva acabó con toda esperanza racional de un propósito en la evolución. Es por ello que he colocado la cita de Ogden Nash al comienzo de este artículo. Su lugar está aquí: "El progreso pudo haber estado muy bien alguna vez, pero ya ha durado demasiado".

#### LAS IMPLICACIONES DE LA CONSTRICCIÓN EVOLUTIVA

Lo que la biología evolutiva moderna nos revela es muy diferente de lo que Osborn creía que le diría el estudio de la naturaleza a Bryan. Ella nos dice (y yo diría que el mismo mensaje surge de la física, la química, la biología molecular, la astrofísica y de hecho de toda la ciencia moderna) que la naturaleza no tiene fuerzas intencionales detectables de ningún tipo. Todo procede mediante procesos puramente deterministas o estocásticos o, más precisamente, a través de sus interacciones. La indeterminación de la mecánica cuántica puede existir y ser absolutamente fundamental, sin admitir la esperanza de avanzar más allá de la descripción probabilística de la naturaleza al nivel cuántico. Pero lo que todo esto significa es la causalidad última del azar, aunque debería recordarse siempre que los procesos aleatorios en el nivel cuántico se convierten en el determinismo de las leyes estadísticas de muchos cuanta, en donde toda biología descansa. La ciencia nos revela únicamente el azar y la necesidad, como argumentó Jacques Monod (1971).

Primero, la ciencia moderna implica directamente que el mundo está organizado estrictamente de acuerdo con principios deterministas o con el azar. No hay principios intencionales de ninguna especie en la naturaleza. No hay dioses ni fuerzas planificadoras que sean racionalmente detectables. La aseveración frecuente de que la biología moderna y las suposiciones de la tradición judeocristiana son completamente compatibles es falso.

Segundo, la ciencia moderna implica directamente que no hay leyes morales o éticas inherentes, que no hay principios rectores absolutos para la sociedad humana.

Tercero, los seres humanos son máquinas asombrosamente complejas. El individuo humano se convierte en una persona ética por medio de dos mecanismos únicamente: la herencia determinista que interactúa con las influencias deterministas del ambiente. Eso es todo lo que hay.

Cuarto, debemos concluir que cuando morimos, morimos, y que ése es el final de nosotros. Bertrand Russel lo dijo de una manera muy hermosa:

Yo creo que cuando muera me pudriré, y no sobrevivirá nada de mi ego. No soy joven, y amo la vida. Pero debería rehusarme a temblar de terror frente al

pensamiento de la aniquilación. La felicidad no es menos felicidad verdadera porque deba llegar a un final, ni pierden su valor el pensamiento y el amor por el hecho de que no son eternos [...] Incluso si las ventanas abiertas de la ciencia primero nos hacen tiritar después del acogedor calor de los mitos humanizantes, al final el aire fresco trae vigor y los grandes espacios tienen una nobleza propia de ellos. [Russell, 1957.]

La última oración de la cita de Russell es muy poética, con aroma de una esperanza sin fundamento, pero la primera parte da enteramente en el blanco. Cuando yo me muera me pudriré y eso es el final de mí. No hay esperanza de una vida eterna. Incluso la inmortalidad del fichero (una sección suficientemente grande del catálogo de una biblioteca para ser notado por los académicos futuros) es, cuando más, efímera.

Finalmente, el libre albedrío, como se concibe tradicionalmente la libertad para hacer elecciones no coercidas e impredecibles entre cursos posibles de acción, simplemente no existe. Frecuentemente es mucho más difícil aceptar esta afirmación que la de que no existe dios, y por una buena razón. Muchas tradiciones éticas han sido construidas sobre el ateísmo, pero la mayoría de ellas se funda en alguna noción secular donde los humanos tienen el libre albedrío para hacer elecciones morales y para llevar así una verdadera responsabilidad moral. Lo que la ciencia moderna nos dice, sin embargo, es que los seres humanos son máquinas muy complejas. Si la construcción evolucionista se toma en serio, el proceso evolutivo no puede producir un ser que es verdaderamente libre para elegir.

Los filósofos de la ética generalmente discrepan fuertemente con mi argumento de que el libre albedrío no existe. Un grupo de ellos, mayoritario, argumenta que no hay ninguna contradicción entre el determinismo y el libre albedrío. Este grupo alega que el libre albedrío es como la libertad de una veleta para girar libremente en el viento, o como un automóvil que se desplaza a rueda libre. Este argumento me recuerda al vendedor de pescado que pregonaba por horas "pescado fresco, para vender, pescado fresco para vender." Hacia el final del día, un cliente, atraído por el bien entonado pregón, descubre que el pescado para vender huele mal, y le dice al vendedor que el pescado no era fresco como él lo pregonaba. El pescador le contestó, "pescado fresco es sólo el nombre, yo nunca dije que los pescados estaban frescos." Aquellos que pregonan la compatibilidad del determinismo y el libre albedrío únicamente nombran "libre albedrío" a la toma humana de decisiones. La dirección en que una veleta apunta es determinada por la dirección del viento y no es en modo alguno libre. Desplazarse en un automóvil a rueda libre significa simplemente que el tren de tracción está desconectado del diferencial y que la velocidad del automóvil está determinada por su masa, resisten-

cia al aire, resistencia en los mecanismos del automóvil, y la fuerza de gravedad en cualquier inclinación en que el automóvil se encuentre.

Otros filósofos de la ética, que realmente creen en el libre albedrío, defienden una posición incompatibilista sobre el determinismo y el libre albedrío. Estos filósofos piensan que la naturaleza muestra tanto determinismo con indeterminismo, como en el indeterminismo de la mecánica cuántica. Argumentan con buena razón que el determinismo y el libre albedrío son incompatibles. Pero también creen en el libre albedrío. Ésta es una posición muy difícil de tomar porque ninguno de ellos puede imaginar una forma directa en que ningún indeterminismo en la naturaleza acerca del cual sabemos algo podría posiblemente, mucho menos plausiblemente, producir el libre albedrío humano. De manera que usan un argumento lógico invertido que procede así: Si no tuviéramos libre albedrío, entonces no podría haber responsabilidad moral. Pero algunas personas son moralmente responsables. Por tanto, algunas personas tienen libre albedrío, el cual, puesto que no puede provenir del determinismo, debe emanar del indeterminismo en la naturaleza.

Este argumento es atractivo pero demostrablemente débil. El supuesto débil es que sin libre albedrío no podría existir ninguna responsabilidad moral. La única manera en que los organismos biológicos pueden mostrar responsabilidad moral es la de haber sido entrenados para tenerla. Nosotros los humanos pasamos una gran cantidad de tiempo tratando (no muy eficientemente, creo) de hacer de nuestros niños individuos moralmente responsables. La responsabilidad moral no es compatible con ningún libre albedrío; de hecho, es imposible con él.

Mi conclusión acerca de estas dos escuelas enemigas de filósofos eticistas es que ambos están en lo correcto. Aquellos que son compatibilistas acerca del libre albedrío y el determinismo están en lo correcto en que el otro grupo no puede tener libre albedrío a partir del indeterminismo en la naturaleza. El segundo grupo está en lo correcto en cuanto que el primero no puede tener libre albedrío a partir del determinismo. La conclusión razonable, aquella que está en consonancia con la ciencia moderna, es que los humanos eligen, pero no libremente. Este punto de vista es defendido por una ínfima minoría de aguerridos filósofos de la ética, todos los cuales merecen nuestra simpatía por soportar los dardos de sus colegas.

#### INTENTOS PARA ESCAPAR DE LO INEVITABLE

Las contorsiones y los forcejeos para escapar de las implicaciones de la ciencia moderna es algo que debe considerarse, y que es tan interesante entre científicos como entre jueces federales, humanistas, o teólogos li-

berales que desconfían de la ciencia. Comenzaré con la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, uno de los grupos de científicos más prestigiosos del mundo. Un libro reciente sobre ciencia y creacionismo publicado por la Academia abre con un prefacio firmado por su presidente, Frank Press. Éste afirmaba: "Es falso, sin embargo, pensar que la teoría de la evolución representa un conflicto irreconciliable entre la ciencia y la religión. Muchísimos líderes religiosos y muchísimos científicos aceptan la evolución sobre bases científicas sin abandonar sus creencias en los principios religiosos" (Press, 1984). No hay ningún conflicto entre la ciencia y la religión de acuerdo con la Academia Nacional de Ciencias estadounidense.

En el reciente juicio de Arkansas sobre el creacionismo (McLean v. Arkansas Board of Education, 1982), el juez William R. Overton dijo en su decisión que nosotros debemos seguir la versión de la Establishment Clause de la primera enmienda a la Constitución encontrada en *Lemon v. Kurtzman* (1973), que estableció una triple exigencia. Primero, un estatuto debe tener un propósito legislativo secular. Segundo, el efecto primario o principal del estatuto debe ser uno que ni promueva ni inhiba la religión. Y tercero, el estatuto no debe alimentar un excesivo involucramiento del gobierno con la religión. El juez Overton dictaminó que el estatuto de Arkansas, que hacía obligatoria la enseñanza de la "ciencia" creacionista, no cumplía con ninguna de las tres exigencias (Overton, 1982). Su decisión fue aplaudida por científicos, teólogos, líderes religiosos, sociólogos, filósofos y abogados.

Durante el juicio y más tarde, los creacionistas argumentaban que si el efecto primario o principal de un estatuto debe ser uno que no promueva ni inhiba la religión, entonces debería ser inconstitucional enseñar la evolución. El evolucionismo contradice nuestra religión y entonces inhibe nuestra religión. La respuesta del juez Overton durante el juicio fue la de alegar que la evolución no era en modo alguno antitética respecto a la religión: "La evolución no presupone la ausencia de un creador o Dios. La sencilla inferencia que han sacado los creacionistas es errónea." Y añadía una nota de pie de página:

La idea de que la creencia en un Creador y la teoría científica de la evolución son mutuamente excluyentes es una premisa falsa y es ofensiva para las opiniones religiosas de muchos. El doctor Francisco Ayala, un genetista de considerable renombre y anteriormente sacerdote católico que tenía el equivalente de un doctorado en teología, señaló a esta corte que muchos científicos profesionales que suscriben la teoría de la evolución son devotos religiosos. [Overton, 1982, p. 943.]

Hemos visto ahora el mismo argumento dos veces, una proviniendo de la Academia Nacional de Ciencias y una de un juez federal. El argumento es que algunos biólogos evolucionistas son también religiosos, así que no puede haber un conflicto entre la ciencia moderna y la religión. Por todos lados se encuentran ejemplos de este argumento. Yo tengo dos objeciones a él. La primera es que quedan muy pocos biólogos evolucionistas verdaderamente religiosos. La mayor parte son ateos, y muchos han sido llevados a esta posición por su comprensión del proceso evolutivo y de otra ciencia. Segundo, no es un argumento compulsivo para la compatibilidad de la ciencia y la religión el que algunos pocos biólogos evolucionistas no vean ningún conflicto. La mayor parte de los compatibilistas que conozco son efectivamente ateos, a veces sin darse cuenta de ello.

De acuerdo con la inverosímil coalición de científicos, juristas, educadores, teólogos, y líderes religiosos, el conflicto entre la ciencia y la religión existe solamente en las ingenuas y literalistas mentes de los creacionistas. Los científicos testifican que la ciencia de la creación es estúpida y que también lo es la religión literalista de los creacionistas. Las cortes federales e incluso ahora la Corte Suprema (en *Edwards v. Aguillard*, 1987) dice lo mismo. Así lo hacen también los líderes religiosos. Casi la mitad del público estadounidense es llamado estúpido o cuando bien le va, desorientado. Yo estoy de acuerdo en que la evolución ha ocurrido y en que los creacionistas están equivocados acerca de ello. Pero ellos tienen razón en que hay un conflicto entre la ciencia y la religión, y no solamente sus religiones.

El conflicto es fundamental y es mucho más profundo de lo que los teólogos liberales modernos, los líderes religiosos y los científicos están dispuestos a admitir. Muchos científicos modernos, la inmensa mayoría de ellos, son ateos o algo muy cercano a ello. Y entre los biólogos evolucionistas, desafiaría al lector a nombrar a los prominentes científicos que son "devotamente religiosos". No creo que uno pudiera pasar de los dedos de una mano. De hecho, yo estaría interesado en saber siquiera de uno. Osborn, Lack, Dobzhansky, y Fisher están muertos, y ninguna generación de compatibilistas entre los biólogos evolucionistas prominentes los ha reemplazado.

Sospecho que hay una gran cantidad de deshonestidad intelectual en este asunto. Considérese la fantasía siguiente: la Academia Nacional de Ciencias publica un artículo donde toma posición respecto de la ciencia y la religión, y establece que la ciencia moderna conduce directamente al ateísmo. ¿Qué sucedería con sus fondos? ¿Qué sucedería con cualquier subsidio federal para la ciencia? Todos los miembros del Congreso de los Estados Unidos, incluso los dos miembros actuales que no están

afiliados a ninguna organización religiosa, profesan ser profundamente religiosos. Sospecho que los líderes científicos hilan muy cuidadosamente en la cuestión de las implicaciones religiosas de la ciencia por temor a arriesgar el financiamiento para la investigación científica. Y creo que muchos científicos sienten alguna simpatía con la necesidad de la educación moral y reconocen el papel que la religión desempeña al respecto. Estas racionalizaciones son políticas pero son intelectualmente deshonestas.

Muchos teólogos han reaccionado al desarrollo de la ciencia moderna retirándose de las concepciones tradicionales de Dios y su presencia en el mundo, llamando a ésta una perspectiva más elaborada. Dios solía estar totalmente alrededor de nosotros en los estadios más tempranos de nuestra historia cultural. Solía hacer milagros. Solía guiar a su pueblo. La gente puede sentir la presencia de Dios todo el tiempo; pero los tiempos han cambiado. Dios está más lejos ahora. De hecho, uno no puede ya descubrir algo que Dios haga en el mundo. Existe ahora una extendida perspectiva teológica que dice que Dios comenzó el mundo, lo sostiene y opera a través de leyes de la naturaleza, muy sutiles, tan sutiles que su acción es indetectable. Pero ese tipo de Dios no es efectivamente, en mi opinión, muy diferente del ateísmo. A cualquiera que adopte este punto de vista yo le diría: "Muy bien, estamos en el mismo campo; ahora ¿en donde obtenemos nuestras morales si el universo solamente va girando como gira?" Esta clase de Dios no hace nada fuera de las leyes de la naturaleza, no nos confiere la inmortalidad, ni nos da ningún fundamento para la moral, ni ninguna de las cosas que queremos de un Dios y de la religión.

#### EL SIGNIFICADO DE LA VIDA

Un amigo mío, John F. Haught, que enseña teología en la Universidad de Georgetown en Washington, D.C., ha escrito varios libros argumentando a favor de la compatibilidad de la religión y la ciencia. Es muy sutil en la búsqueda de un sentido cósmico de la vida (véase especialmente Haught, 1984). Tiene un argumento lógico que es una reminiscencia de aquel que he presentado anteriormente acerca del libre albedrío y la responsabilidad moral, y dice así: Sin un sentido cósmico, nuestras vidas estarían desprovistas de sentido; pero algunos humanos tienen vidas plenas de sentido; así que debe haber un sentido cósmico.

Yo no puedo ver ningún sentido cósmico o último en la vida humana. El universo no se interesa por nosotros y probablemente va a seguir expandiéndose y enfriándose, llevando al exterminio de todas las criaturas

vivientes en el universo, o va a cesar de expandirse y comenzará a contraerse, lo que resultará en el choque de todas las cosas entre sí en un espacio increíblemente reducido, acabando con toda vida. Aún si el universo está en algún tipo de equilibrio y los dos escenarios anteriores son erróneos, el universo no ha mostrado hasta ahora ningún interés por los humanos y no ofrece ninguna esperanza racional de que en el futuro lo mostrará.

Los humanos no son casi nada en el proceso evolutivo sobre la Tierra, y solamente algunos individuos son recordados tanto como diez generaciones. No hay un significado último para los humanos.

Pero ciertamente los humanos pueden llevar vidas significativas. Mi propia vida está llena de significado. Estoy casado con una talentosa y bella mujer, tengo dos magníficos hijos, vivo en una granja de 150 hectáreas con un estanque, un río, pavos silvestres y una gran cantidad de maquinaria agrícola antigua pero en buenas condiciones; enseño en una muy buena universidad con estudiantes excelentes y tengo muchos amigos maravillosos. Pero moriré y seré olvidado pronto. A Jack Haught le será difícil convencerme de que mi vida no tiene sentido precisamente porque no hay un sentido cósmico para ella, o de que el sentido que hace mi vida plena es realmente un sentido cósmico.

#### FUNDAMENTOS PARA LA ÉTICA

Necesitamos reconocer lo que la ciencia moderna nos ha hecho y tratar de reconciliarnos con sus implicaciones en cuanto a la fundamentación de la moralidad. Un creciente número de jóvenes no creen ya en un Dios que establece leyes morales para ellos y que los castiga si las desobedecen. Muchos de ellos concluyen que pueden, por consiguiente, comportarse de cualquier manera que puedan sobrellevar. Al mismo tiempo, estamos rodeados por una terrible conducta moral de parte de los adultos. El único enfoque que puedo esperar que ayudará en la crisis creciente de la moralidad pasa a través de la comprensión de que los humanos somos solamente máquinas complejas sin libre albedrío que han sido pobremente programadas para una conducta moral. Somos abismalmente ignorantes del desarrollo moral de los niños pequeños y repudiamos la noción de que ellos crecerán para ser las personas morales que nosotros programemos. B. F. Skinner argumentó durante varias décadas que nosotros podemos realmente controlar el desarrollo moral de los niños pequeños. En un sentido general, está seguramente en lo correcto, no importa cuán repulsiva sea la verdad. Debemos aprender más acerca de cómo los niños pequeños pueden ser con mayor seguridad



seres morales, y ayudar a los padres como mi esposa y yo a programar mejor a nuestros niños. Si esto parece repulsivo ¿es mejor hacer lo mismo de todos modos, pero hacerlo mucho peor porque nos rehusamos a pensar en lo que realmente estamos haciendo?

También debemos estimular a la gente, especialmente a la gente joven, a pensar racionalmente acerca de la conducta moral. Su razón para comportarse correctamente no debería ser el temor a una vengativa e intencionada fuerza moral que cuida la moralidad. Ellos deberían comportarse correctamente porque si no lo hacen, se comportan absurdamente en términos de sus propios intereses. Si uno no es bondadoso con los demás, entonces uno refuerza la conducta no bondadosa de los demás y ayuda a generar una sociedad muy pobre en la cual vivir. Para nuestro mejor interés comportarnos bondadosamente con los demás. Podemos obtener más de la vida con amigos buenos y solidarios. De hecho, puesto que no hay ningún amigo todopoderoso, lo único que tenemos son organismos biológicos u otras máquinas (yo habría dicho humanos si no conociera algunas personas que prefieren a los perros, gatos, tractores, automóviles, pájaros e incluso ranas, en lugar de los humanos como amigos).

Crecí en Nashville, Tennessee, y frecuentemente iba al Grand Ole Opry. Recuerdo particularmente una canción del evangelio con esta línea en el coro: "Si no amas a tu prójimo, entonces no amas a Dios". Creo que lo que la ciencia moderna nos dice es: "Si no amas a tu prójimo, ¡eres sólo un simple estúpido!"

#### CONCLUSIÓN

No existe un progreso último en la evolución. La evolución no revela ninguna traza de ninguna fuerza intencional o directriz. La evolución no provee fundamentos para la ética ni ningún significado profundo para la vida. El sueño de Julian Huxley de que la evolución podría ofrecer las bases para la ética y dar un sentido a la vida es solamente eso, un sueño. Sin embargo, el proceso evolutivo ha producido en los humanos la posibilidad de una ética efectiva y de una vida plena de significado, aunque ambos son inmediatos, no últimos.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Antonovics, J. (1987), "The Evolutionary Dys-Synthesis: Which Bottles for Which Wine"?, *The American Naturalist* 129, pp. 321-331.  
Barrett, P. H., P. J. Gautrey, S. Herbert, D. Khon y S. Smith (comps.),

- (1987), *Charles Darwin's Notebooks: 1836-1844*, Ithaca, Cornell University Press.
- Bateson, W. (1894), *Materials for the Study of Variation*, Londres, Macmillan.
- (1909), *Mendel's Principles of Heredity*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Baur, E. (1911), *Einführung in Die Experimentelle Vererbungslehre*, Berlin, Borntraeger.
- Bowler, P. J. (1983), *The Eclipse of the Darwinism. The Anti-Darwinian Theories in the Decades Around 1900*, Baltimore, John Hopkins University Press.
- Castle, W. E. (1916), *Genetics and Eugenics*, Cambridge, Harvard University Press.
- Conn, H. W. (1886), *Evolution To-Day*, Nueva York, Putnam.
- (1900), *The Method of Evolution*, Nueva York, Putnam.
- Darwin, C. R. (1859), *On the Origin of Species*, Londres, John Murray.
- Delage, Y. (1895), *L'Hérédité et les Grands Problèmes de la Biologie Générale*, París, Librairie C. Reinwald, 2a. ed., 1903.
- Delage, Y., y M. Goldsmith (1912), *The Theories of Evolution*, Londres, Frank Palmer y Nueva York, B.W. Huebsch.
- De Vries, H. (1889), *Intracellular Pangenesis*, Jena, Gustav Fischer.
- (1901-1903), *Die Mutationstheorie*, 2 volúmenes, Leipzig, Von Veit.
- Dobzhansky, T. (1969), *The Biology of Ultimate Concern*, Nueva York, New American Library.
- Eldredge, N. (1985), *Unfinished Synthesis, Biological Hierarchies and Modern Evolutionary Thought*, Nueva York, Oxford University Press.
- Focke, W.O. (1882), *Die Pflanzen-Mischlinge. Ein Beitrag sur Biologie der Gewächse*.
- Ford, E. B. (1964), *Ecological Genetics*, Londres, Methuen.
- Futuyma, D. J. Presidential Address, American Society of Naturalists. *American Naturalist* (en prensa).
- Goldschmidt, R. B. (1911), *Einführung in die Vererbungswissenschaft*, Leipzig, Engelmann.
- Gould, S. J. (1983), "The Hardening of the Modern Synthesis", en *Dimensions of Darwinism*, M. Grene (comp.), Nueva York, Cambridge University Press, pp. 71-93.
- Haecker, V. (1911), *Allegemeine Vererbungslehre*, Braunschweig, Vieweg.
- Haught, J. F. (1984), *The Cosmic Adventure. Science, Religion and the Quest for Purpose*, Nueva York, Paulist Press.
- Huxley, J. S. (1912), *The Individual in the Animal Kingdom*, Cambridge, Cambridge University Press.

- (1914), "The Courtship Habits of the Great Crested Grebe (*Podiceps cristatus*); With an Addition to the Theory of Sexual Selection", *Proceedings of the Zoological Society of London* 35, pp. 491-562.
- (comp.) (1940), *The New Systematics*, Oxford, Oxford University Press.
- (1942), *Evolution. The Modern Synthesis*, Londres, Allen and Unwin, 2a. ed.
- (1950), "Genetics, Evolution and the Human Destiny", en *Genetics of the 20th century*, L. C. Dunn, (comp.), Nueva York, Macmillan, 591-621,
- Huxley, T.H. (1894), "Evolution and Ethics", en T.H. Huxley, *Evolution and Ethics and Other Essays*, Londres, Macmillan, pp. 46-116.
- Kellogg, V. L. (1907), *Darwinism To-Day*, Nueva York, Holt.
- Kimura, M. (1983), *The Neutral Theory of Molecular Evolution*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Lock, R.H. (1906), *Recent Progress in the Study of Variation, Heredity, and Evolution*, Londres, John Murray.
- Mayr, E. (1959), "Where Are We?", *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 24, pp. 1-14.
- (en prensa), "On the Evolutionary Synthesis and After", en E. Mayr, *Toward a New Philosophy of Biology. Observations of an Evolutionist*, Cambridge, Harvard University Press.
- Medawar, P.B. (1961), Reseña "The Phenomenon of Man", *Mind* 70, pp. 99-106.
- Monod, J. (1971), *Chance and Necessity*, Nueva York; Knopf.
- Osborn, H. F. (1925), *The Earth Speaks to Bryan*, Nueva York, Scribner's.
- Overton, W. R. (1982), "Decision in McLean versus the Arkansas Board of Education", *Science* 215, pp. 934-943.
- Press, F. (1984), Prefacio, *Science and Creationism: A View from the Academy of Sciences*, Washington, D. C., National Academy Press.
- Provine, W. B. (1978), The Role of Mathematical Population geneticists in the evolutionary synthesis of the 1930s, *Studies of the History of Biology* 2, pp. 167-192.
- , (1985), "The R. A. Fisher — Sewall Wright controversy", *Oxford Surveys in Evolutionary Biology* 2, pp. 197-219.
- , (1986), *Sewall Wright and Evolutionary Biology*, Chicago, University of Chicago Press.
- , (en prensa), "Founder effects and genetic revolutions in microevolution and speciation: An Historical Perspective", *Genetics, Speciation and the Founder Principle*, L. V. Giddings, K. Kaneshiro, and W. W. Anderson (comps.), Oxford University Press.
- Punnett, R. C. (1905), *Mendelism*, Cambridge, Bowes and Bowes.

- Russell, B. (1957), "What I believe", en B. Russell, *Why I am not a Christian and Other Essays on Related Subjects*, Londres y Nueva York.
- Simpson, G. G. (1944), *Tempo and mode in evolution*, Nueva York, Columbia University Press, 2a. ed., 1984, con nueva introducción.
- , (1964), *This View of Life*, Nueva York, Harcourt, Brace, and World.
- , (1978), *Concession to the improbable: An unconventional autobiography*, New Haven, Yale University Press.
- Stebbins, G. L., y F. J. Ayala, (1981), Is a New Evolutionary Synthesis Necessary?, *Science* 213, pp. 967-971.
- Teilhard de Chardin, P. (1959), *The Phenomenon of Man*, con introducción de Sir Julian Huxley, Nueva York, Harper and Brothers.
- Waddington, C. H. (1975), *Evolution of an Evolutionist*, Ithaca, Cornell University Press.
- Walter, H. E. (1913), *Genetics. An Introduction to the Study of Heredity*, Nueva York, Macmillan.
- Wright, S. (1960), "Genetics and Twentieth Century Darwinism: A Review and Discussions", *American Journal of Human Genetics*, pp. 365-372.



TERCERA PARTE

EXPLICACIONES NARRATIVAS:  
MODELOS FILOSÓFICOS



## XI. NARRATIVA Y EXPLICACIÓN EN LAS CIENCIAS NATURALES

CARLOS LÓPEZ BELTRÁN

El esquematismo narrativo [...] es un arte oculto en las profundidades del alma humana y del cual será siempre difícil arrancar el verdadero mecanismo de la naturaleza para exponerlo delante de los ojos.

PAUL RICOEUR, en paráfrasis de Kant

### INTRODUCCIÓN

EN UNA ADVERTENCIA común en películas o libros de ficción se suele aclarar que los personajes y situaciones que ahí se encuentran desplegados no tienen ningún nexo referencial con personajes o situaciones de la vida real. Paradójicamente todos sabemos que aunque no se basen en individuos específicos ni en situaciones históricas concretas, tanto los personajes como las situaciones que encontramos en la ficción escrita o actuada intentan por lo general decirnos cosas sobre el mundo y la vida que conocemos; que las historias inventadas suelen ser un medio para exponer y deliberar, para explorar o cuestionar, los mecanismos (sociales, emocionales, trágicos) que suelen construir las tramas de historias que vemos desplegarse ante nosotros, y en las que con frecuencia estamos inmersos. La invención artística de historias tiene desde la Antigüedad funciones que sobrepasan los linderos de lo estético o lúdico para adentrarse en lo cognitivo y lo práctico. Y en ese terreno se encuentran con otros muchos tipos de historias o cuentos que confluyen en nuestra conversación con el entorno: anécdotas, chistes, fábulas, mitos. De hecho, el ámbito de las historias, de las secuencias narrativas, está en muchos aspectos de nuestras negociaciones cognitivas con los demás y con el mundo. Así, contamos y se nos cuentan historias cuyos sujetos no son necesariamente personas o personajes. Nuestra bandera tiene su historia. La tienen el automóvil, la Tierra, el Estado de México. Sobre la minería en Perú o sobre el manuscrito de un evangelio perdido podemos encontrar o imaginar relatos. Sobre muchas cosas que no se podrían



capturar o referir con ninguna categoría simple y precisa podemos armar narrativas. Casi cualquier ente o suceso (real o imaginado), cuyas transformaciones en el tiempo puedan resultar interesantes a alguien, puede ser protagonista en una historia, que si está bien hecha nos enseñará o explicará cosas sobre su sujeto.

Todos estos tipos de historias que frecuentamos son, entre otras muchas cosas, herramientas para conocer el mundo, para representarlo e interactuar con él. Que estén basadas o no en sucesos o gentes reales, y en este segundo caso, que se trate de gente que conocemos o sean personas distantes en el espacio o el tiempo, es un dato menor. Su capacidad para representar eficazmente, para transmitir conocimiento o valores, para insertarse con sentido en la malla de las interacciones y acciones humanas, depende de otras virtudes. En ese sentido la representatividad (u objetividad) de una historia no depende sólo de su "verdad" literal sino de su peso específico o densidad como portadora de sentido (o poder explicativo) en los contextos en que se cuenta. Como bien sabe todo el que ha distinguido los abismos entre una historia de ficción hecha con arte y sabiduría, y una historia documental pergeñada burocráticamente, entre "decir la verdad" y representar (recrear) lo verdadero cabe el océano.

Existen, sí, ciertas historias (narraciones) comprometidas sobre todo con la descripción de sucesos tal como ocurrieron. Las elaboran los cronistas, los historiadores y cierto tipo de periodistas documentales. Su cercanía y fidelidad a los acontecimientos referidos es fundamental para el funcionamiento de sus textos. En esto se alejan de los autores de ficción y se acercan a los compromisos que tienen los científicos, quienes suelen producir sus propuestas comprometidas de alguna manera con la adecuación de éstas a los fenómenos como se registran u observan. Por otro lado, el hecho de que con frecuencia en las ciencias (sobre todo en las que tienen una veta histórica) se recurra también a elaborar historias o narrativas ha hecho pensar en que hay afinidades, no sólo superficiales, entre la labor explicativa de la narrativas en los diversos terrenos donde se emplean. Este fenómeno es más común en las ciencias de lo que se suele pensar, y está estrechamente vinculado al hecho de que mucha de la labor explicativa de las ciencias se enfoca a sucesos históricos. El Universo, el Sistema Solar, la Tierra, la vida, las bacterias, las cadenas montañosas, los hielos perpetuos de los polos, la conducta migratoria de las langostas, las lenguas indo-europeas, el uso del chile como especia en la India, y un infinito etcétera, son ejemplos de objetos de indagación científica que, dado que tuvieron un origen, y tienen un desarrollo particular en el tiempo, su forma descriptiva y explicativa se acerca más a la historia que la física matemática. Desde el siglo pasado,

el historiador y filósofo inglés William Whewell forjó una categoría especial para este tipo de indagación científica, lo que él llamó las ciencias (o explicaciones) paleoetiológicas. A pesar de la claridad con la que Whewell argumentó su punto, la filosofía de la ciencia ha tomado demasiado tiempo en asimilarlo.

Entre los filósofos suele haber en principio un rechazo heredado o tradicional (no sabría llamarlo natural) a considerar que contar historias es una forma seria y objetiva de producir conocimiento. Esto tiene sus razones. Hay ciertas virtudes de la objetividad científica, como la universalidad, la capacidad de predicción y control, la unicidad de las descripciones, que no parecen tener las narrativas. Éstas se ven siempre como atadas a lo particular y anecdótico. Los narradores que aspiran a referir cosas que ocurren de hecho no sólo deben contar cosas ciertas sino hilvanarlas en un tejido narrativo que las haga ver como constituyendo una secuencia de sucesos causalmente articulados que constituyen un episodio integrado. La actividad misma de elegir los sucesos a destacar, de conectarlos en secuencias que resulten inteligibles y naturales, define y explica a la vez el acontecimiento narrado. La construcción de la trama, por el historiador, el científico o el periodista, involucra una serie de elecciones y ponderaciones, de matices y énfasis, que hacen del objeto de representación construido algo que fácilmente se tilda de poco objetivo y, finalmente esclavo de intereses y gustos, y en ese sentido alejado de cualquier científicidad. Éste ha sido claramente un punto crítico destacado por la tradición moderna que ha intentado desde hace un par de siglos transformar las maneras de construir descripciones y explicaciones adecuadas en la historia y otras disciplinas humanísticas, proponiendo toda suerte de alternativas a las historias narradas. La tenacidad con la que la postura narrativista ha defendido y aún robustecido sus terrenos, tanto en la práctica como en las discusiones filosóficas y metodológicas, es una muestra de que quizá nunca será posible deshacernos de este peculiar recurso cognitivo, por lo menos en algunas de nuestras empresas de conocimiento.

Una labor que ha adquirido importancia es, entonces, elucidar los rasgos constitutivos y funcionales de lo que Paul Ricoeur llama la "función narrativa". Parte de la importancia de esta labor analítica y deliberativa es que cada vez parece más claro que, al menos en el terreno de las ciencias naturales, la función narrativa está lejos de tenerse clara. En ellas, típicamente, la aparición de narrativas en la descripción y explicación de eventos había sido considerada como resultado de carencias e imposibilidades: un recurso temporal y menor para saldar ciertas necesidades mientras se daba con las teorías y modelos, con la generalidad y el poder explicativo adecuados. Como lo muestran los artículos reunidos aquí,

esta situación ha dado un giro importante, motivado sobre todo por el creciente peso en la epistemología de las ciencias que han comenzado a adquirir disciplinas inerradicablemente históricas, como la biología evolucionista.

Por lo tanto subsiste la pretensión de ser objetivo respecto a las realidades diversas que este mundo nos presenta al construir narrativas. Entonces, ¿cuál es el estatus del conocimiento (si alguno) que puede obtenerse vertiendo nuestras descripciones y recuentos de hechos en un molde narrativo? Los mayores avances han provenído, sin sorpresa, del ámbito de los estudios literarios (en los cuales la narratología es toda una subdisciplina) y del de la historiografía. Sólo recientemente filósofos de carices diversos, y específicamente filósofos de la ciencia, han comenzado a enfrentar el reto. A continuación me propongo describir y evaluar las propuestas que en los años recientes parecen haber destacado por su claridad y su eficacia al delimitar adecuadamente los terrenos de la deliberación.

En su momento contrapondré las razones a favor y en contra de considerar las narrativas como elaboraciones cognitivas independientes y completables, y situaré las contribuciones que siguen en el contexto del debate en curso.

Es importante notar que aquí lo que nos interesa es explorar la noción de que existen rasgos generales de las narrativas, y usos a los que éstas pueden ser puestas, que son prueba de su capacidad peculiar de proveer descripciones estructuradas y explicativas de ocurrencias y fenómenos en el mundo, tanto humano como natural. Descripciones que son irreducibles a otros modos de representar y explicar el mundo y que por tanto son ineludibles como recurso en ciertas tareas y áreas del conocimiento.

#### LA NARRACIÓN Y SUS FUNCIONES

“Narración es la representación de una sucesión de eventos en función del orden de su ocurrencia. Se ocupa de hechos (singulares).” Esto, al menos, es lo que nos dice un manual estilístico (Townsend, 1884, p. 177), que continúa: “La narración debe desenvolverse en un orden temporal, debe traer los objetos lo más vívidamente posible a la mente del receptor [...] debe intensificarse la luz arrojada sobre los objetos principales. Los asuntos importantes deben ser expuestos del modo más exhaustivo posible, y los asuntos menores deben soslayarse o mencionarse sólo al paso”. La definición es muy general y aún cuestionable, pero nos proporciona elementos importantes para el análisis. En la narración típicamente se seleccionan eventos que puedan presentarse como ligados en una se-

cuencia temporal. Las cosas que ocurren primero se mencionan primero y luego las inmediatamente subsecuentes. Qué se menciona de la multitud de cosas que ocurren en casi toda situación interesante, y lo que se calla, depende de la existencia de un criterio de importancia, es decir de un criterio más general, ligado a la noción de qué historia estamos elaborando: ligado, pues, a una decisión previa al inicio de la construcción. Las narrativas no son entonces simples listas o enumeraciones de sucesos. Lo que los historiadores llaman crónicas, y que suelen ser simples listados de ocurrencias fechadas, de modo que haya una sucesión cronológica. Tal año: nacimiento de A. Tal otro: viaje a Z. Después: cambio de casa. Y así... No hay articulación alguna que nos haga ver la secuencia como algo unitario. Se puede intuir la presencia implícita de una historia, pero es más lo que debemos llenar que lo que la letra nos indica. Imaginemos la diferencia entre una lista de entradas escuetas en una agenda (*Lunes 12, 9 am, desayuno Luis; Jueves 16, dentista, 8 pm...*) con las de un posible diario (*Hoy lunes desayuné con Luis, hacía meses que no lo veía. Me puse tan nerviosa que mordí el tenedor, se me cayó una tapadura.... El jueves veré al dentista, pues no aguanto el dolor*), para ver la distancia entre estas dos formas. La narrativa articula y liga los acontecimientos para hacémoslos inteligibles.

Inteligibilidad, comprensión, son, pues, una primera y evidente función de las narrativas. ¿En qué fincan las narrativas esta capacidad? Muchos autores coinciden en que para que la narrativa posea esta función es necesario que el receptor comparta presupuestos o expectativas con el autor. Se puede decir que la inteligibilidad depende de convenciones. En un libro reciente, M. C. Lemon propone que lo fundamental en la inteligibilidad de las narrativas está en la aceptación convencional por parte de autor y audiencia de la *naturalidad* de que un suceso A sea seguido por otro suceso B, sin necesidad de mencionar nada más (eventos intermedios por ejemplo). Para seguir con el ejemplo, si se dijera "*Fui a desayunar con Luis. Me duele mucho una muela*" nosotros (convencionalmente) no veríamos una liga natural entre los sucesos. En cambio, sí la veríamos en *Mordí un tenedor. Me duele mucho la muela. Hice cita con el dentista*.

Lemon sostiene que es precisamente esa noción de eventos que inteligiblemente (y objetivamente) podemos elegir para sucederse unos a otros la que delimita la estructura y las posibilidades de las narrativas. Complementa su propuesta con la idea de que el "cemento" que nos hace poner el vínculo convencional entre los sucesos en las narrativas es una comprensión de las acciones humanas como opcionales (no determinadas causalmente) y guiadas por razones o reacciones inteligibles por nosotros. La narrativa requiere de agencia humana. Aún las historias en

torno a actividades (minería), países u objetos (manuscritos) dependen finalmente de la inteligibilidad de los actores humanos, afirma Lemon (1995, p. 56).

Es muy claro, entonces, que este autor excluye las narrativas de las ciencias, como partícipes de los rasgos básicos de las narrativas objetivas, como las que puede brindar la historia. Las razones que adelanta para esto son varias. Destaca su afirmación de que en las narrativas sobre fenómenos naturales la guía o nexo entre las secuencias de eventos es la causalidad. Esta forma de seguir sucesos no se adecua a la estructura generada por la inteligibilidad convencional, sino que, finalmente, es la relación objetiva causa-efecto la que genera la secuencia. Las narrativas hilvanadas por causas dependen de vínculos legales necesarios y, finalmente, pueden subsumirse a estructuras explicativas de otra índole, no narrativa. Esta es una creencia común, basada en el predominio de ciertas elucidaciones parciales e idealizadas de las explicaciones en las ciencias naturales que examinaremos después. Interesa ahora mostrar que la idea de inteligibilidad que Lemon propone es una función de la narrativa que trasciende el ámbito de la historia humana, al cual él la quiere restringir, y que esto es algo que otros autores han mostrado. El concepto que Robert Richards nos propone en su contribución a este volumen de "principios de conocimiento narrativo", que sirven como cemento para mantener unidos los elementos de la narración ocupa el mismo nodo descriptivo. En esta pieza, a través de una eficaz crítica de Hempel y su epistemología de las ciencias (que paraliza a Lemon), Richards consigue darle más generalidad a su concepción de la explicación narrativa. Lo mismo el historiador que el biólogo construyen la mayoría de sus explicaciones con la rica materia de sucesos articulados y marcados drásticamente por la narrativa a la que los incorpora. (Véase Richards en esta obra.)

Otros autores se han hecho la misma pregunta en torno a la función de inteligibilidad de la narrativa. Gallie, por ejemplo, postuló que en el lector o auditor de una narrativa debe existir una capacidad fenomenológica de "seguir una trama o relato" y de integrar sus elementos en un todo explicativo de las partes. Esta noción fue complementada de algún modo por Louis O. Mink, quien es quizá el filósofo que más ha contribuido a despejar la forma en que están narrados los embrollos. Mink propuso la idea de que la construcción de una narrativa conlleva una acción configuracional. (Véase Mink, 1978 y Gallie, 1968, p. xi.) La secuencia de eventos sólo pasa a ser una narrativa cuando se configura como tal. En ese momento el *ensemble* de interrelaciones entre los sucesos se constituye en un cuerpo o totalidad, que a su vez orienta y da sitio a los sucesos u ocurrencias que pertenecen (natural, convencionalmente) a él.

Tanto Richards como Hull (en sus respectivos artículos, compilados en esta obra) insisten en que un elemento importante de esta acción configurativa lo representa lo que llaman el evento central o el sujeto central de la narrativa. Es decir el asunto que el narrador ha puesto en el foco de atención principal, el tema del cual se intenta contar sus avatares y explicar sus peripecias: la minería en Perú, el automóvil o la carrera científica de Dalton. Así, lo que hacemos con los datos que tenemos al elaborar una historia es configurar en torno al tema los sucesos que constituyen un principio, algunas fases intermedias y un final convenientes para que dicho tema quede perfilado y el receptor de la historia pueda conocerlo al reconocer el proceso como un proceso aceptable por él. Aunque a menudo no haya certezas al principio de la historia sobre el sitio hacia donde ésta se dirigirá, una buena narrativa nos dejará siempre convencidos de que el estado final, el desenlace, es comprensible y aceptable como la consecuencia de la secuencia de sucesos que lo antecedieron, aunque no lo causaron con una determinación completa. Aquí hay un problema que trataremos más adelante.

Hull insiste que lo importante de esta facultad o función configuracional de las narrativas, en historia y en ciencia, es que utiliza la relación estructural parte-todo como sucedáneo adecuado de la relación causa-efecto; de algún modo aliándose con quienes ven una actitud peligrosa en ligar la narratividad muy estrechamente a la idea de causalidad como hebra hilvanadora, ya que abre la puerta a la posición antinarrativista que quiere la búsqueda de necesidad legaliforme.

Hull y Richards se alían, entonces, con quienes ven la producción ordenada de narrativas en ciertas ciencias naturales históricas, lo mismo que en la historia, como un esquema de producción de explicaciones científicas no sólo aceptables sino ineludibles en ciertos dominios. Richards llega incluso a afirmar que la explicación narrativa, en todo caso, tiene primacía sobre aquella basada en leyes de cobertura a la Hempel. Cuando caigan las barreras que nos impiden ver las cosas como son, nos daremos cuenta, vaticina, que mucho más en las ciencias depende la eficacia de las narrativas históricas que de la subsunción bajo leyes. Afirmación retórica diseñada para provocar a quienes aún ven en las narrativas explicaciones débiles y aún falaces. Abajo veremos algunos de los argumentos en este sentido. Ahora quiero pasar a una tercera función de la narrativa en relación al conocimiento que nos parece brindar del mundo. Me refiero a la función individualizadora de los eventos o sujetos mismos de los que trata. Obviamente vinculada a la función configuracional, la función individualizadora del "tema central" es un tema central del artículo de David Hull. Las disciplinas históricas lo son porque tratan de sujetos históricos que no son individualizables como otro

tipo de entidades, a través de descripciones definidas y clasificaciones estáticas.

Como M. C. Lemon lo pone: ni la diferencia ni la pertenencia a la misma clase requieren de la narrativa; pueden ser capturadas por formas atemporales (o acrónicas). Dos cosas o sucesos pueden ser diferentes, o ser del mismo tipo sin que importe especialmente ubicarlos en el tiempo o en una secuencia temporal. Pero el cambio, la transformación de una cosa o el desenvolvimiento de un suceso de modo que los rasgos descriptivos se alteran, ambos requieren de la forma narrativa para ser capturados. De hecho, los objetos o sujetos de las historias, los "hechos" de la narrativa, lo que se individualiza en ellas, requieren de la narrativa para ser mostrados y comunicados: sin la narrativa se dispersarían como aire fuera del balón que los contiene. Eso no los hace menos reales, sólo les da un sentido y una importancia que no tendrían por sí mismos. "Si fuéramos incapaces de construir narrativas —escribe Lemon— estaría fuera de nuestro alcance perceptual un aspecto completo de la realidad constituido por eventos." (Lemon, 1995, p. 64.)

Esto genera una disyuntiva: ¿Las narrativas se dan en el mundo o son un orden artificial que le imponemos al mundo para hacerlo inteligible? Los historiadores debaten esto: algunos piensan que los sucesos históricos, de hecho, se dan en forma estructural e intrínsecamente narrativa, y que un buen historiador lo que hace es "descubrir" o "develar" esa forma o secuencia ya dada. Otros sostienen que la habilidad del buen historiador es meter su escalpelo descriptivo entre los profusos y selváticos nexos reales para tramar (*emplot*) artificiosamente el mundo. No se trata de inventar conexiones o circuitos sino de crearlos al aislarlos y enmarcarlos por la narrativa. Vemos entonces reproducirse aquí las sempiternas disputas en la filosofía de la ciencia entre el realismo y el constructivismo.

Está claro aquí que Hull toma una posición realista, pues su interés es mostrar cómo una especie biológica, un clan de los altos escoceses, un equipo de futbol, un bosque o un individuo existen y son individuados por un seguimiento genealógico. Accedemos a conocerlos por la narrativa, pero tienen en sí ya una historia que los determina y define. El darwinismo de Hull lo hace realista. Mientras que Richards, más historiador que darwinista, se inclina por una objetividad instrumentalista en la que las narrativas juegan como las luces externas que hacen aparecer y desaparecer los sucesos y eventos según los ángulos de incidencia.

## LOS DILEMAS DE LA NARRATIVA

Las funciones o rasgos que hemos atribuido a la narrativa en la anterior sección, ya se ve, generan pasmos y paradojas filosóficas. Louis O. Mink ha encontrado tres importantes dilemas en la narrativa. Los tocaré en el orden que él les da:

1) La no agregatividad de las narrativas. Esto es un dilema, pues la objetividad (al menos en las ciencias naturales) suele aparejarse a la cumulatividad. Es decir, dos descripciones objetivas (con pretensión de verdad) de cosas o eventos relacionados deberán poderse conjuntar sin que una excluya a la otra. Si no se puede algo anda mal. Si sabemos cómo se formaron los océanos por observaciones geológicas, y descubrimos, por ejemplo, la temperatura media de la atmósfera en esa época por otros medios, ambas descripciones deben poderse sumar, yuxtaponer, complementar. Y en caso de conflicto, una de las dos deberá modificarse para adecuarse a la más robusta.

Las "crónicas" o listas de sucesos sin hilván típicamente son conjuntables, mientras que las narrativas —nos dice Mink— no son aditivas; sobre todo las narrativas complejas con varios niveles de integración. La no aditividad se debe a las marcas estructurales que los sucesos adquieren en ellas, como principio, fin, funciones explicativa u otras. Así, dos narrativas sobre un suceso (¿el mismo suceso?), por ejemplo la extinción de los dinosaurios, o la muerte de García Lorca, tienden a excluirse y competir. Muy rara vez —parece pensar Mink— éstas se sumarán y reforzarán. Narrativas así son como hipótesis rivales popperianas: no caben bajo el mismo paraguas. Las historias narrativas, concluye Mink (1978, p. 143), deberían agregarse en cuanto que son historias de algo objetivo externo a ellas, pero no pueden agregarse, en cuanto son narrativas estructuradas por elecciones humanas. Esta observación aguda de Mink se alía con las objeciones de quienes ven quedarse cortas a las narrativas como instrumentos de conocimiento, presentando la agregatividad con teorías o esquemas legales dominantes como una virtud deseable, y su opuesto, por tanto, indeseable o insatisfactorio.

Y sin embargo hay quien juzga que sí hay modos de la agregatividad en las narrativas. Modos diferentes de los descritos para otras formas de conocer. Uno de ellos es Jerome Bruner (1991, pp. 1-20), quien nos propone que en las narrativas lo que se tiene es una especie de agregación (el usa *accrual*) que no es "fundacional" en el sentido de los científicos. "Las narrativas sí se agregan, nos dice, y como insisten los antropólogos, las agregaciones con el tiempo llegan a crear algo que recibe varios nombres, como el de "cultura", el de historia, o más vagamente, el de "tradicción". La agregación de las narrativas va así poblando y estructurando el



espacio de las representaciones y las narraciones posibles, vinculando y dando continuidad a la memoria del pasado con y en el presente. Aunque resuena con la idea de Richards sobre la memoria narrativa, esta propuesta de Bruner se emparenta más de cerca con los agudos desarrollos fenomenológicos, que Ricoeur y otros han adelantado, sobre la indisolubilidad de la tensión temporal en el sujeto cognoscente que funda y propicia la narratividad de la experiencia. El oscuro pero perspicaz, incitante y prometedor epígrafe que elegí para esta introducción apunta hacia esa zona, a la que no entramos por ahora porque nos desviaría.

Otra forma de agregación de narrativas, propuesta por Sergio Martínez (1997) para las ciencias naturales históricas, más que la historia en sí, puede describirse como el de su capacidad de robustecimiento mutuo. Lejos de ser refractarias, las narrativas naturales con carga explicativa pueden complementarse y completarse de modos que no tiene que ser iguales o sucedáneos de la forma en que otras explicaciones científicas se completan. Como tallos delgados que al trenzarse se robustecen mutuamente permitiendo elevarse al ramaje, las narrativas construidas con la idea de una especie de "división del trabajo" pueden en varias áreas del conocimiento histórico, agregarse. No ayudando a completar o rellenar los huecos de un cuadro, o a decorar y amueblar el edificio (metáforas usadas por algunos) sino poblando el espacio de constructos descriptivos disímbolos capaces de iluminarse entre sí.

En su brillante ensayo sobre "El tiempo en biología", J.B.S. Haldane ejemplifica cómo las dimensiones espaciales disímbolas y distantes, y los muy diferentes lapsos en que se despliegan los fenómenos biológicos, obligan a construcciones representacionales y explicativas irreducibles unas a otras, y en ese sentido incompletas unas por otras. Y sin embargo, hay un sentido en el que la articulación simultánea de historias tan heterogéneas puede producir imágenes de la vida complementarias y robustas (Haldane, 1996). Algo similar ocurre con las narrativas que, en las ciencias, pueden y suelen adoptar focos de atención de distintos niveles de complejidad y lapsos de duración inconmensurables. Como los historiadores han repetido mil veces, las grandes narrativas históricas no son producto de la suma de las pequeñas narrativas componentes (la historia de un pueblo no es la suma de sus biografías individuales). Tampoco en las ciencias históricas naturales es posible realizar tal truco. Pero como ejemplarmente hizo Darwin en *El origen de las especies*, es posible soslayar esta imposibilidad mediante ciertas estrategias, como la acumulación de narrativas explicativas de distinta índole y complejidad, bien escogidas, apuntando todas hacia el robustecimiento de un esquema explicativo general en el que el tiempo y las transformaciones de entes históricos en él, son el tema central. Una vez configura-

do el espacio por el efecto acumulado de las narraciones (una vez constituida una tradición diría Brumer) las siguientes narraciones se producirán con la naturalidad que les da el esquema.

2. Esto nos lleva al segundo dilema que plantea Louis O. Mink. Dificultad que ya apuntamos arriba y se deriva de que ciertas narrativas pretenden tener referencias objetivas (en historia y ciencias históricas) frente a la incapacidad de defender esta pretensión por algún procedimiento o argumento aceptado. No está claro a qué se refiere Mink con esto de procedimiento aceptado, pero pensemos que lo que está pidiendo es una manera de atar la narración a su objeto de modo aceptable por cualquiera que conozca los hechos. La salida convencionalista apuntada por Lemon, o la relativista y local favorecida por antropólogos, y por el propio Mink, es eso: una salida. No parece haber un criterio generalizable para decidir cuándo una narración dice cosas que de veras pasaron (como las dice), y cuándo lo que dice hay que tomarlo con sal entre las yemas de los dedos. Pero la situación, aún así no parece desesperada. La imbricación entre la narración y lo que representa no es un rasgo exclusivo de las narrativas (*i.e.* hay determinación de la observación por la teoría en muchas formas cognitivas), y si lo fuera, tampoco es posible dudar sistemáticamente de la objetividad de un utensilio de conocimiento vindicado por la práctica en muchas áreas. Siempre queda la alternativa de juzgar las diferentes aplicaciones de las narrativas con fines descriptivos específicos en sus propios contextos y términos para evaluar si hay o no distorsiones incorregibles. La evidencia en las ciencias históricas, a pesar de que se le moldea en narrativas, puede ser tan resistente a un mal trato como lo es en otras ciencias y prácticas.

3. El tercer dilema de Mink ya lo hemos tratado someramente. Es que no podemos hablar de "sucesos" narrativos sin la circularidad que da la situación de que los eventos son a su vez perfilados por la narración. Por otro lado, si hay un concepto resbaloso que es urgente elucidar es el de "evento". Algo se apuntó arriba que avanza un poco en la dirección correcta. Las narrativas, como señalan Hull y Lemon, no suelen construirse para dar cuenta de entidades estáticas a las que el cambio cualitativo desnaturaliza, sino para capturar el movimiento de eventos cuyo rasgo esencial es el cambio. En ese sentido, la ontología de sucesos y objetos simples no es adecuada para las narrativas. Los intentos (como los de Ricoeur, Hull o Lemon) por establecer una categoría especial de "eventos narrativos" que son descritos y construidos en el mismo acto de ser narrados, son responsables de este tercer dilema. Una salida a este problema podría ser, como sugiere Sergio Martínez, entender las narrativas como presuponiendo una ontología de procesos y no de eventos. Posibilidad que al menos en principio se antoja prometedora.

## EXPLICACIÓN NOMOLÓGICA VS. EXPLICACIÓN NARRATIVA

Una fuente constante de confusión y error deriva de considerar que la explicación narrativa es una rival frágil frente a las correctas y más confiables formas de la explicación científica. En esta actitud, los filósofos de la ciencia conservadores tienen su contrapartida en los analistas de otras áreas (historiadores y teóricos literarios) que alegremente compran todo el paquete (con fecha de caducidad pasada) de los filósofos, orillando su preciada forma de aprehender el mundo a los márgenes de la actividad científica. Abandonan la pelea por defender la capacidad de la narrativa de competir por el territorio donde se distribuyen los premios epistémicos como la objetividad, la verdad, la adecuación empírica. Con tal de tener un coto aparte, se cede a las ciencias naturales y sus esquemas nomológico-deductivos la exclusiva sobre estas virtudes. Así, una y otra vez encontramos a autores como Ricoeur, Bruner, Lemon, y otros, repetir la idea de que lo narrativo no es explicativo en el mismo sentido en el que lo es lo nomológico. La famosa crítica que hiciera Hempel a la posibilidad de formas alternativas de explicación propias de la historia parece haber hecho una mella considerable. Lo único a lo que se acercan las narrativas es a producir, dijo, "esquemas de explicación". Esquemas donde el lugar de las leyes está notoriamente vacío o mal representado por generalizaciones débiles y falibles. Al seguir intimidados por esto, parece obvio que muchos narratólogos no se han mantenido al tanto de lo que ha ocurrido desde entonces en la filosofía de la ciencia, y en especial en el debatido tema de la explicación científica. En la filosofía de las ciencias en general, en el de las ciencias históricas y la biología en particular, el debate no se ha eludido. Los textos de Hull y Richards que presentamos pueden fácilmente ubicarse en una secuencia de deliberación y disputa que lleva varias décadas sobre la calidad del recurso narrativo y su categoría al lado de la subsunción bajo leyes.

Una típica y añeja descripción quiere que sólo el vínculo deductivo posea poder explicativo auténtico. Así, si un enunciado (o un conjunto de ellos) *A* explica un enunciado *B*, es porque *B* se sigue de *A* de alguna manera. Suponiendo, como lo hace Popper, que cualquier *A* del cual se siga *B* puede ser potencialmente explicativa, entonces el seguimiento lógico puede ser de dos tipos: tautológico o circular si *A* y *B* son enunciados singulares, o válido si en *A* hay enunciados tanto universales como singulares de los cuales se siga *B*, ya que de un solo universal no puede seguirse un singular. En la ciencia, los universales en *A* son leyes y los singulares son "condiciones a la frontera" que instancian la ley. La ciencia depende de la búsqueda y puesta a prueba de las leyes. La historia, en cambio, se ocupa en todo caso de detallar "condiciones a la frontera" o se-

cuencias de estados de cosas singulares. De ahí que pretender que la secuencia de estados singulares que una narrativa consigue acarree carga explicativa alguna suene, con un esquema así, bastante peregrino.

Las cosas no funcionan así para muchos críticos. El texto de Richards quiere voltear las cosas, señalando que en muchas ocasiones la verdadera explicación de un evento está en los hechos singulares que lo antecedieron, y las leyes en esos casos desempeñan un papel, si acaso, secundario. Lo que explica que el radiador del auto, en su ejemplo, haya estallado, es el hecho de que la temperatura bajó esa noche de cero grados. La ley de expansión del agua al helarse o la resistencia del material desempeñan un papel acompañante, no central en la explicación, que es eminentemente narrativa. Todas las explicaciones científicas de eventos podrían entenderse así si distinguimos, como quiere Richards, la explicación de sucesos de la explicación de regularidades y leyes. Esta elucidación es obviamente polémica, y hay sin duda otras formas de negociar la diferencia entre lo nomológico y lo narrativo.

En mi contribución a esta sección intento hacer ver que en ciertas situaciones las narrativas pueden adquirir un estatus intermedio entre la pura secuenciación de eventos y la subsunción bajo leyes universales. En el caso de la historia clínica en medicina, al adquirir, las narrativas una calidad que podríamos llamar, con Jerome Bruner, emblemática, éstas pueden cumplir funciones tanto constructivas de los fenómenos como explicativas, conforme exista la agregatividad de la que se habló arriba. El intento de eliminar la singularidad de lo narrativo y alcanzar la calidad de universal en ciertas áreas se hizo desde el siglo pasado con la introducción de la estadística. Un argumento más de mi texto es que, sin esa función emblemática de las narrativas, la estadística no hubiera tenido desde donde fincar su autoridad de objetiva y científica. De hecho la estadística hereda esta doble actividad constructiva y explicativa de las narrativas. Más que leyes, lo que tenemos en la explicación estadística en su época temprana es una sumatoria de la función narrativa (con agregatividad).

En un libro reciente, Kenneth Schaffner intentó replantear la debilidad de la explicación narrativa (o histórica, o genética) frente a la nomológica. Manteniendo la idea de que la explicación de sucesos tiene que ir acercándose lo más posible a la suficiencia. Es decir a la detección y mención de todos los factores causales y legales que alcancen en un momento dado a conseguir para el efecto (el *explanandum*) lo que Mackie llamó "necesidad bajo las circunstancias". Sin negar que la narrativa puede en ciertas circunstancias ser una buena manera de desplegar y exponer la secuencia de factores y condiciones que acaecen, Schaffner critica a quienes (como Gallie, Beckner antes, y Hull y Richards recién-

temente) han visto en la forma narrativa una alternativa lógica y epistemológicamente independiente de la usada en las ciencias deductivas. La conclusión de Schaffner es que lejos de serlo, los esquemas explicativos narrativos obedecen finalmente al mismo patrón explicativo de todas las ciencias, sólo que la escasez de datos necesarios, y el carácter conjetural de los mecanismos causales, obliga a adoptar ciertas formas de exposición engañosas. Se trata de explicaciones débiles, que sin embargo pueden y deben ser completadas y reforzadas por mayores descubrimientos e insumos empíricos, y desarrollos teóricos integradores.

Lo que resalta en este cuidadoso trabajo de Schaffner es su especie de gran petición de principio, al limitarse a considerar sólo una forma de interacción entre la mención de factores o sucesos vinculados al *explanandum* y éste. Es decir, considera un solo tipo de agrupamiento de la información que se orienta sólo hacia la determinación del efecto; lo cual puede permitir su explicación, y aún su predicción, cada vez que coincidan los conjuntos de factores y el suceso *explanandum*. Ideas como las expuestas en las secciones anteriores de esta introducción, respecto a las diversas funciones de la forma narrativa, y sus distintas cualidades de objetividad y agregatividad, simplemente son ignoradas por él.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Bruner, Jerome (1991), "The Narrative Construction of Reality", en *Critical Inquiry*, 18, otoño, pp. 1-20.
- Gallie, W. B. (1968), *Philosophy and Historical Understanding*, Schocken Books, Nueva York.
- Haldane, J. B. S. (1996), "El tiempo en biología", *Problemas científicos y filosóficos*, UNAM, México.
- Hodge, M. J. S. (1993), "The History of Earth, Life and Man: Whewell and Paleobiological Science", en M. Fisch y S. Schaffer (comps.), *William Whewell, a Composite Portrait*, Oxford UP, Clarendon.
- Hull, David, "Sujetos centrales y narraciones históricas". Originalmente publicado como "Central Subjects and Historical Narratives", en *History and Theory*, 1981, 14, pp. 253-274.
- Lemon, M. C. (1995), "The Structure of Narrative", en *The Discipline of History and the History of Thought*, Routledge, Londres.
- López Beltrán, Carlos, "Explicación narrativa y explicación estadística en medicina y en biología" (capítulo XIV de esta obra).
- (inédito) "From Story-Telling to Statistics: the Narrative Nature of Hereditary Explanations", trabajo presentado en la reunión internacional de la ISHPSSB en Lovaina, Bélgica, en 1995.

- Martin, Wallace (1986), *Recent Theories of Narrative*, Cornell University Press, Itaca.
- Martínez, Sergio (1997), "Explicación en biología: historia y narrativa", en *De los efectos a las causas: la historia de los patrones de explicación causal en las ciencias*, Seminario de Problemas Científicos y Filosóficos, Paidós-UNAM. (Agradezco a Sergio Martínez haberme facilitado el manuscrito de este libro, y las aclaraciones que me hizo en conversación.)
- Mink, Louis O. (1978), "Narrative Form as a Cognitive Instrument", en Canary R.H. y Kozicki H. (comps.), *The Writing of History*, The University of Wisconsin Press.
- Ricoeur, Paul (1994), *Relato: historia y ficción*, Dosfilos Editores, México.
- (1987), "The Narrative Function", en *Hermeneutics and the Human Sciences*, Edition Maison des Sciences de l'Homme, París.
- (1995), *Tiempo y Narración*, Siglo XXI (3 tomos), México.
- Richards, Robert, "La estructura de la explicación narrativa en historia y biología". Originalmente publicado como "The Structure of Narrative Explanation in History and Biology", en Nitecki M. y Nitecki D. (comps.), 1992, *History and Evolution*, SUNY Press, Albany.
- Schaffner, Kenneth F. (1993), "Historicity, Historical Explanations, and Evolutionary Theories", en *Discovery and Explanation in Biology and Medicine*, The University of Chicago Press.
- Townsend, L.T. (1884), *The Art of Speech*, Appleton and Co. Nueva York.
- Whewell, William (1847), *The Philosophy of Inductive Sciences*, John W. Parker, Londres, 639-640.

## XII. LA ESTRUCTURA DE LA EXPLICACIÓN NARRATIVA EN HISTORIA Y BIOLOGÍA

ROBERT J. RICHARDS

¡Cómo languidecería el curso de la conversación si prescindiéramos de la narración; aún entre los más sabios se convertiría en un puñado de incoherencias, y entre los simples, se evaporaría completamente!

THOMAS CARLYLE, *Acerca de la historia*

SI DARWIN hubiera sido, un poco quizá como Huxley, el tipo agitador que pudiera alinear tras la bandera de su teoría a los naturalistas de su época y la nuestra, con una consigna, ésta podría haber sido "la biología es —bueno, si no destino— historia". Para Darwin, aliar a la biología con las fuerzas de la historia fue una astuta estrategia para mediados del siglo XIX, una época en la que la disciplina tenía a su servicio inteligencias extraordinarias: Jules Michelet y Alexis de Tocqueville, en Francia; Alexander von Humboldt, Leopold von Ranke, Jacob Burckhardt, y Wilhelm Dilthey en los estados germánicos; William H. Prescott y Henry Adams en los Estados Unidos y, en Inglaterra, Thomas Carlyle y Thomas Babington Macaulay. Darwin había leído a la mayoría de estos historiadores, así como las historias anteriores de Edward Gibbon, James Boswell y David Hume, junto con muchas otras figuras de menos brillo. En las listas de los cuadernos de lectura de Darwin (1988), después de los diversos trabajos sobre las ciencias biológicas, la categoría de libros que le sigue en extensión es la de historia. La ciencia de Darwin, tanto como su deleite, era la historia.

Los filósofos de la ciencia y su ideal, la física, no han sido nunca muy buenos en historia, porque esta disciplina exige expandir las capacidades intelectuales y penetrar en campos lejanos para alcanzar conexiones ocultas, y no la contracción del intelecto en un estrecho rayo de conocimiento que penetra a lo largo de líneas matemáticas prescritas. Desde la perspectiva restringida de la mayoría de los filósofos y los físicos, sin embargo, la historia ha aparecido como una búsqueda de espíritus pedestres, coleccionistas de detalles dispares que rara vez levantan la cabeza para contemplar las alturas olímpicas donde los hechos alcanzan la ley general. Cuando la historia pretende hacer ciencia, solamente puede

traer perjuicios; eso es al menos lo que sugería el decano de los filósofos de la ciencia, Karl Popper, en su pequeño tratado *The Poverty of Historicism*. Allí sostenía: "Debemos rechazar la posibilidad de una historia teórica; es decir, de una ciencia social histórica que correspondería a la física teórica. No puede haber una teoría científica del desarrollo histórico que sirva como base para la predicción histórica" (Popper [1944] 1966, pp. vii).

Popper tenía razón al preocuparse por las pretensiones de los grandes esquemas históricos (p. ej., el marxismo), pero en un acceso de enfado lógico, rechazó toda consideración de la historia como una ciencia. No debe maravillarnos, por eso, que en los años setenta, cuando descubrió la biología evolutiva, no encontrara una ciencia sino una metafísica, es decir, un programa de investigación histórica que, aun siendo muy sugerente, no pasaba el examen de la verdadera ciencia. Como lo planteó en 1974: "El darwinismo no *predice* realmente la evolución de la diversidad. No puede por tanto *explicarla*" (Popper, 1974, pp. 136). Aunque sus amigos lo han convencido desde entonces de que debería admitir a la biología evolutiva dentro del templo, no hay una buena razón por la cual él hubiera tenido que sucumbir al ecumenismo (Popper, 1978). La biología evolutiva no cumple aún con los criterios lógicos que Popper propuso para la ciencia. Esto se debe a que aquélla es histórica y adolece de las supuestas carencias de toda historia que trata de pasar como ciencia.

El esfuerzo lógico más agudo para demostrar la pobreza de la historia, un reto cuya fuerza no se ha agotado en esta era posmoderna, ha sido el trabajo de Carl Hempel (1942) "The Function of General Laws in History". En resumen, Hempel, el positivista lógico, argumentaba que cualquier supuesta ciencia debe presentar en sus explicaciones putativas una cierta forma lógica, el llamado patrón nomológico-deductivo. Este modelo de la explicación por cobertura de leyes, como se le llama, continúa dominando las consideraciones en la filosofía de la ciencia. Su fuerza brota de la prueba, la gracia y la elegancia, y cualquier teoría alternativa de la explicación todavía debe tratar de hacerle contrapeso.

Si yo quisiera explicar científicamente —y, de hecho, no hay otra manera de explicar sino científicamente, de acuerdo con Popper y Hempel— por qué, por ejemplo, el objeto *A* conduce la electricidad, lo haría especificando la condición límite, a saber, "*A* es un pedazo de cobre", y una ley pertinente, en este caso, "el cobre conduce la electricidad". La relación entre el llamado *explanans*, la ley y las condiciones límite, y aquello que debe ser explicado, el *explanandum*, es decir, el hecho de que el objeto *A* conduzca la electricidad, es la deducción lógica. De las premisas "todo cobre conduce la electricidad" y "el objeto *A* es un pedazo de cobre" yo puedo derivar deductivamente la conclusión "el objeto *A*



conduce la electricidad"; y esto es lo que significa explicar algo, deducirlo lógicamente, referirlo a una ley que lo cubre. Para Hempel, este patrón lógico significa, desde luego, que lo que era una explicación de un suceso que ha ocurrido ya, podría servir también como medio para predecir un suceso que aún está por ocurrir. De este análisis se concluye que si el patrón lógico de la explicación no puede permitir la predicción, entonces tampoco puede apoyar la explicación. Ésta es la llamada "tesis de simetría".<sup>1</sup> Hempel observaba que los historiadores respetables —lo que, naturalmente, excluía a los marxistas— no propusieron ninguna ley general a gran escala de los procesos históricos. Pero sin leyes, los relatos históricos podrían cuando mucho ser esbozos de explicación, no explicaciones reales. La mayoría de las historias escritas, sugería, abundaban en esbozos de explicación, pero no lograban explicar nada. Ahora bien, si la historia no puede producir explicaciones reales, tampoco puede hacerlo su aliada, la biología evolutiva. Tanto la historia como la biología evolutiva deben tener un destino lógico común, cuya trama, aún en la actualidad, es tijeateada en retazos exageradamente pequeños por la comunidad de filósofos de la ciencia y científicos físicos. Si hay alguna duda, considérense las observaciones de un filósofo de la ciencia muy conocido. En su reciente libro *Representing and Intervening*, Ian Hacking dice:

Los fenómenos acerca de las especies —digamos aquél de que una manada de leones caza dejando al león macho rugir sentado en la madriguera mientras las hembras persiguen y matan a las asustadas gacelas— son anécdotas. Pero los fenómenos de la física —el efecto Faraday, el efecto Hall, el efecto Josephson— son las llaves que abren el universo. [Hacking, 1983, pp. 228.]

Observaciones como ésta amenazan tanto a los biólogos como a los historiadores con un gran daño conceptual. Pero la amenaza, yo creo, es una fantasía irracional que puede disolverse sacando a flote algunos presupuestos subyacentes. Primero, considérese la manera en que puede justificarse la tesis de que un patrón lógico dado es *el* patrón para las explicaciones científicas. La manera en que esto se hace, de acuerdo con Imre Lakatos (1978), y creo que tiene razón, es que tomamos los mejores ejemplos del proceso de conocimiento y determinamos los patrones lógicos que muestran. Para Lakatos, un popperiano, los mejores ejemplos que tenemos provienen de la física, y así el modelo de cobertura por leyes se justifica a la luz de ejemplos entresacados de Copérnico, Gali-

<sup>1</sup> Hempel reconoce dos tipos de leyes científicas: las deterministas y las estadísticas. La forma de la explicación será la misma si alguno de los dos tipos de leyes sirve como parte de un *explanans*.

leo, Newton, y Maxwell. Sin embargo, ejemplos como éstos presentan un pequeño defecto. Nosotros ya no creemos que Copérnico, Galileo, Newton y Maxwell estaban en lo correcto; ya no nos volvemos hacia ellos para buscar buenas explicaciones del mundo natural. Su ciencia ha sido desplazada, tal como la física de Aristóteles fue desplazada por la de ellos. Sin embargo, mientras que ciertamente ya no esperamos que la ciencia de Aristóteles nos ofrezca caracterizaciones correctas del mundo, aún abrimos, con la misma expectativa, el libro de otro científico de la Grecia clásica, Tucídides. El autor comienza su libro en tercera persona: "Tucídides el ateniense escribió la historia de la guerra que pelearon Atenas y Esparta, comenzando el relato en el momento mismo en que estalló la guerra, en la creencia de que ésta iba a ser una gran guerra y sobre la cual era más importante escribir que sobre ninguna de aquellas que tuvieron lugar en el pasado".<sup>2</sup> (Tucídides, 1972, p. 35)

El propósito de Tucídides al escribir su *Historia de la guerra del Peloponeso* coincide ampliamente con el de la mayoría de los historiadores que escribieron después. Él dice:

Será suficiente para mí [...] si estas palabras más son consideradas útiles por aquellos que quieren entender claramente los sucesos que ocurrieron en el pasado y que [siendo la naturaleza humana como es], en un momento o en otro, y de maneras muy semejantes, habrán de repetirse en el futuro. Mi trabajo no es una pieza de escritura concebida para satisfacer el gusto de un público inmediato, sino que fue hecho para durar siempre. [Tucídides, 1972, p. 48.]

La historia de Tucídides ofrece explicaciones correctas y una comprensión de los hechos pasados. Por tanto el patrón lógico que muestra se justifica y puede entonces servir como un modelo para otros esfuerzos explicativos en la ciencia. La historia de Tucídides es una narración, y lo que yo quiero investigar es el patrón narrativo de la explicación. Mi perfil de la estructura de la narración explicativa establecerá dos exigencias que trataré de exponer. Primero, si la narración es el método fundamental de la historia, entonces, en la medida en que la biología evolutiva es histórica, ése será también el método general de la biología evolutiva. Esto significa, desde luego, que a pesar de las apariencias en contrario, incluso *El origen de las especies* de Darwin debe ser una narración, aunque, lo admito, una narración opaca. Voy a apoyar la primera exigencia tomando ejemplos de la literatura, de la historia especialmente y de *El*

<sup>2</sup> Aunque Tucídides pretendía haber comenzado su historia en el preciso momento en que la guerra estalló, sabemos por la prueba interna que en realidad él comenzó la composición muchos años después. Sin lugar a dudas, no obstante, él llevó notas a lo largo del periodo de la guerra. Véase Rawlings, 1981.

*origen de las especies*, para ilustrar la estructura de la narración explicativa. Mi segunda exigencia va más lejos: consiste en que todas las explicaciones de sucesos en el tiempo son, al fin y al cabo, narraciones en cuanto a su estructura. Esto significa que Hempel tomó las cosas al revés: no es que la historia puede ofrecer solamente esbozos explicativos sino que las caracterizaciones nomológico-deductivas —hasta donde éstas pueden detectarse en ciencias como la geología, la paleontología, la astrofísica, la antropología y la biología evolutiva— ofrecen únicamente esbozos narrativos; el modelo de cobertura por leyes produce explicaciones correctas solamente en la medida en que ese esqueleto puede ser encarnado imaginativamente con el nervio y el músculo de la narración correspondiente. Permítaseme concentrarme primero en ilustrar la estructura de la narración, y luego volver para argumentar la segunda exigencia, sobre la ubicuidad de las narraciones explicativas en la ciencia. Mi discusión de la estructura de la narrativa se enfocará sobre cinco aspectos de las descripciones narrativas: los acontecimientos narrados, la perspectiva y la autoridad del narrador, las dimensiones temporales de la narrativa, sus enlaces causales, y su fuerza explicativa.

#### NARRACIONES Y ACONTECIMIENTOS NARRADOS

Las narraciones fijan los acontecimientos a lo largo de una dimensión temporal, de tal manera que los acontecimientos anteriores se comprenden como si hubieran dado lugar a los acontecimientos posteriores y, por tanto, como si los explicaran; esto, brevemente dicho, es lo que hacen las narraciones. Los acontecimientos relacionados pueden ser designados como ficticios, históricos o indeterminados en cuanto a la realidad de lo que ocurrió en el pasado. Ahora permítaseme sugerir una primera distinción importante. Podemos distinguir entre los acontecimientos imaginados o reales que son narrados, y el vehículo que los expresa, la narración en sí. Podemos ir más lejos y distinguir entre los acontecimientos inmediatamente narrados, y aquellos que aparecen más remotos, contruidos como si fueran implicados por los acontecimientos más próximos relatados; podemos llamar a estos acontecimientos inmediatos, y a los otros, acontecimientos remotos. De manera que, por ejemplo, Tucídides describe con detalle los acontecimientos inmediatos de la guerra civil en la isla de Corcyra, pero simultáneamente, mediante la alusión y la sinécdoque, describe los acontecimientos más remotos de las guerras civiles que tienen lugar en Grecia y, aún más remotamente, el carácter universal de la guerra civil. O tómese un ejemplo de la literatura. Cuando uno llega al final de la maravillosa novela de Rachel Ingalls, *Mrs. Ca-*

*laban*, en la que una frustrada ama de casa británica se enamora de un enorme monstruo parecido a una rana, que entra casualmente en su cocina una tarde de verano, comprende que los numerosos acontecimientos inmediatos narrados están construyendo la caracterización remota de una mujer que está perdiendo sus facultades mentales (o, como un estudiante mío sugirió con mucha sensibilidad, las posibilidades de una relación más real que aquélla con un marido inútil). Así Darwin, en el primer capítulo de *El origen de las especies*, describe los acontecimientos inmediatos que constituyen las prácticas de sir John Sebrigth, el criador de palomas amigo suyo quien, como Darwin relata, “solía decir que él podía producir una pluma determinada en tres años, pero que le tomaría seis años obtener la cabeza y el pico” (Darwin, 1859, p. 31). Ésta y otras prácticas de los criadores, así como los numerosos elementos subsecuentes descritos directamente, están concebidas para servir de vectores a una historia más remota, es decir, la de la evolución desde las escasas primeras formas que cobran vida en el planeta, hasta la multitud de especies que actualmente lo habitan.

Los acontecimientos narrados dentro de una historia, sean inmediatos o remotos, existen únicamente en la narración; ellos no son idénticos a los acontecimientos reales del pasado. Sin embargo, las técnicas del género narrativo —en textos de historia; por ejemplo, instrumentos tales como las notas de pie de página, la bibliografía, la viveza de la expresión, el desarrollo lógico, la coherencia con los otros conocimientos del lector, y así sucesivamente— establecen un índice de la realidad. Cuanto más alto es el índice, más se considerará que los acontecimientos narrados representan la realidad pasada. El mercurio de esta medida sube cuando el historiador trabaja para aprovechar esos diversos instrumentos mencionados. Bajará si el historiador usa poco tales instrumentos, o si construye acontecimientos que van a contrapelo de los conocimientos firmes del lector, especialmente en lo que concierne a la clase de cosas que el historiador podría factiblemente saber: así los lectores, con razón, se rebelan cuando aquél atribuye a los sujetos actos de pensamiento sin modificadores de frase, tales como “él debe haber pensado que ...” o “ella posiblemente se dijo algo como ...” El índice de realidad producirá diferentes lecturas en momentos diferentes. Así, el índice de realidad para *El origen de las especies* habría estado en un punto medio cuando se publicó por primera vez, muy alto en la época de la muerte de Darwin y, para nosotros, habrá descendido de nuevo un poco; después de todo, nosotros somos neodarwinianos, algo que Darwin, lógicamente, no era.

Cuanto más alto es el índice de realidad, más se ven los lectores invitados a pasar más allá del texto histórico particular para someter a prueba lo adecuado de sus pretensiones. Aunque, paradójicamente, mientras

más alto es el índice, más sugiere el texto que los lectores no necesitan aceptar la invitación, porque un índice alto ofrece mayor autoridad y confianza en la verdad de la narración. Esto no significa, sin embargo, que el texto aisle hermenéuticamente a los lectores de los acontecimientos pasados reales y los mantenga encajonados dentro de las construcciones asfixiantes de la creación del historiador. Algunos (como Derrida y Berkhofer) argumentan, por supuesto, que “el único sentido para la historia no es el pasado como tal sino su representación en [y como] un texto” (Berkhofer, 1989). Pero estos constructivistas textuales no logran apreciar la fuerza de la triangulación histórica. La estructura de los acontecimientos reales en el pasado se pone de relieve y es reconocida en la medida en que múltiples e independientes piezas de pruebas existen aparte de un texto particular que las utiliza. Y en la medida en que estos restos fragmentarios del pasado resisten interpretaciones contrarias a aquellas que el historiador les ha dado, pero además forman la estructura de mosaico de una historia coherente, la triangulación *recupera* y no simplemente *crea*. La posibilidad de la triangulación y la pronta invitación de un texto a “examinar por uno mismo la prueba”, confirma nuestro juicio ordinario histórico-profesional de que algunas historias acerca de un tema son mejores que otras, un juicio en que “mejor” significa, no un texto con más literatura o discursivas, sino uno que ha recapitulado más adecuadamente el pasado.

Mientras que un trabajo como *El origen* habrá de tener un índice global de realidad, sus componentes tendrán también índices que, por supuesto, contribuyen a la evaluación general. Podemos designar las unidades narrativas menores que forman un todo mayor como “narremas”.\* En el libro de Darwin, los narremas individuales variarán en su índice de realidad, de las historias obviamente imaginarias a los narremas de mayor realidad, hasta aquellos que hablan de hechos cuya realidad histórica parece completamente segura. Como un ancla en el punto alto de la escala de realidad están los muchos experimentos que Darwin realizó para demostrar sus dos pretensiones principales: la descendencia con modificación y la selección natural como el instrumento principal de ésta. Así, por ejemplo, en el capítulo dos nos habla de sus experimentos matemáticos diseñados para demostrar que lo que en el pasado eran variedades de algunas especies en el presente se habían convertido en especies en sí mismas. En el capítulo tres, relata muchos experimentos: calcula la enorme fecundidad que tienen incluso los elefantes, de tan lenta reproducción; siembra un terreno para determinar la severidad de

\* Traducimos con este término la palabra “narrites” que es el término acuñado por Richards y el que él utiliza en el original en inglés. [T.]

la lucha por la existencia entre las plantas; estima el número de pájaros destruidos en su propiedad por el duro invierno de 1854-1855; enumera la cantidad y los tipos de destrucción sufrida por un bosque de pinos en la propiedad de un pariente; y experimenta sobre la fertilización del trébol rojo por las abejas silvestres. En capítulos subsiguientes lo encontramos haciendo observaciones experimentales sobre las hormigas "esclavistas", la construcción de nidos de abejas, la fertilidad híbrida en la malva, los efectos de una larga inmersión en agua de mar de unos 87 tipos de semillas, y sobre las diferencias mensurables entre neonatos y adultos en muchas variedades de perros, caballos, y palomas. Del principio al final, *El origen de las especies* abunda en experimentos, todos los cuales tienen un alto grado de realidad. En el otro extremo, sin embargo, se encuentran narremas ricamente imaginativos y en sí mismos más bien implausibles; por ejemplo, el relato de Darwin de cómo las ballenas pudieron haber evolucionado a partir de osos que comenzaron a nadar y a atrapar insectos con sus bocas abiertas (Darwin, 1859: p. 184), un relato que él suprimió muy rápidamente de la segunda edición de *El origen*.

La estrategia implícita de Darwin, sin embargo, era hacer borrosa la distinción entre los narremas de un carácter imaginario que demostraban expresamente lo que él proponía, aunque teniendo un índice de realidad muy bajo, con aquellos narremas de un índice mayor. Así, en el capítulo cuatro, Darwin relata experimentos que llevó a cabo sobre la fertilización de acebos y luego inmediatamente se vuelve a lo que llama un "caso imaginario" de cómo pudo haber evolucionado la separación de los sexos en las plantas. Más frecuentemente, sin embargo, el desplazamiento desde los narremas de índice mayor hacia aquellos de índice más bajo se efectúa silenciosa e invisiblemente. Por ejemplo, en el capítulo tercero de *El origen*, en el cual él quiere retratar la "lucha por la existencia" en la naturaleza, Darwin se mueve imperceptiblemente hacia abajo de la escala. Primero cita autoridades muy respetadas acerca de la competencia dentro de la naturaleza, diciendo: "El viejo De Candolle y Lyell han mostrado extensa y filosóficamente que todos los seres orgánicos están expuestos a una severa competencia". (Darwin, 1859, p. 62.) A continuación habla de observaciones rigurosas de esto: "Con respecto a las plantas, nadie ha tratado el tema con más espíritu y habilidad que W. Herbert, Decano de Manchester; un resultado que proviene evidentemente de su gran conocimiento de la horticultura" (Darwin, 1859, p. 62). Este narrema basado en una cita, es seguido después por una frase de transición que sugiere que es difícil de comprender la lucha en la naturaleza. Entonces, con una maravillosa inmediatez literaria, Darwin comienza otro narrema, un ejemplo concreto pero imaginario:

Consideramos el rostro de la naturaleza como algo brillante de gozo, vemos frecuentemente una superabundancia de alimentos; no vemos, o lo olvidamos, que los pájaros que cantan indolentemente alrededor de nosotros viven de insectos y semillas, y entonces están destruyendo constantemente la vida; u olvidamos hasta qué punto estos cantores, o sus huevos, o sus nidadas, son destruidos por aves y animales de rapiña. [Darwin, 1859, p. 62.]

Éste es un narrema con un índice intermedio de realidad. Finalmente, con la frase siguiente, Darwin se desplaza hacia narremas que llevan la carga teórica de una condición importante para la selección natural, pero que, de tomarse en sí mismos, tendrían un bajo índice de realidad histórica:

Yo debería advertir que uso el término "lucha por la existencia" en un sentido amplio y metafórico, que incluye la dependencia de un ser hacia otro, y que incluye (lo que es más importante) no solamente la vida del individuo, sino el éxito en dejar descendencia. De dos animales caninos en una época de escasez puede decirse correctamente que luchan entre sí para ver quién logra obtener alimentos y vivir. Pero de una planta en un desierto se dice que lucha por la vida contra la sequía, aunque debería decirse más propiamente que ella depende de la humedad. [Darwin, 1859, p. 62.]

Darwin continúa este narrema con la historia del muérdago, cuyos brotes, puede decirse, luchan con otros brotes en la misma rama del árbol en el cual trepan, tanto como con aquellos de otras plantas; los brotes, precisa, también compiten para tener pájaros que diseminen su fruto. Estos sentidos derivados de lucha —¿lucha el muérdago, después de todo?— suben su índice de realidad gracias a su asociación con los anteriores narremas de índice más alto.

#### PERSPECTIVA NARRATIVA Y AUTORIDAD

El narrador puede manifestar su presencia mediante un uso explícito del pronombre de primera persona, "yo", como en "(yo) pienso", "(yo) creo", "(yo) me doy bien cuenta", etcétera. El propio "yo" de Darwin ronda en casi cada página de su texto, haciéndonos de esta manera conscientes de su presencia, hablándonos de los experimentos que realizó, de las objeciones que encontró, y de los varios enigmas que su teoría resolvió por él. El uso explícito del pronombre de primera persona sugiere, sin embargo, que tenemos que vérnoslas con la perspectiva de una persona particular, un individuo determinado que puede tener una cierta autoridad, pero cuya perspectiva no es absoluta. Darwin parece haber

comprendido esto, especialmente a medida que las objeciones a su teoría se volvían más agudas. A través de las numerosas ediciones posteriores de *El origen*, y particularmente en la quinta (1869), comenzó eliminando el “yo” y reemplazándolo con la descripción de los hechos en voz pasiva. Así, frases del primer capítulo como “yo creo que debe admitirse” y “yo creo que puede mostrarse que”, en la quinta edición se convierten en “debe admitirse que” y “puede mostrarse que” (Darwin [1869] 1959, p. 89).<sup>3</sup> Darwin entendió entonces, a un nivel, el carácter perspectivista de la narración, pero si bien trataba de suavizar los filos agudos de su yo, pudo no haberse dado cuenta de que la narración de todos modos debe reflejar las cosas desde una perspectiva.

Haga o no explícita su aparición a través del pronombre personal, el narrador proyectará su historia únicamente de una manera secuencial y parcial. Los acontecimientos no pueden hacerse presentes en una narración en toda su plenitud sino solamente a partir de perspectivas sucesivas. Esto es ilustrado vívidamente en el relato de Akutagawa, *Rashomon*, en el que los mismos acontecimientos son descritos desde los diferentes puntos de vista de los personajes. Incluso en *El origen de las especies*, Darwin construye un cuadro más completo de las acciones de la selección natural al describir en distintos momentos sus numerosas actividades y conexiones: primero fija vagamente un aspecto de la selección natural en el primer capítulo de *El origen*, cuando nos habla de la formación creativa de ganado doméstico por parte de criadores que seleccionan lo mejor; fija otro aspecto cuando describe los procedimientos inconscientes de selección de los pueblos primitivos, y de este modo reduce la diferencia entre las selecciones de la naturaleza irreflexiva y la humanidad irreflexiva; pero en el capítulo cuarto, contrasta la selección del hombre, que se hace para complacer a éste, con la selección natural, que se hace en bien de la criatura seleccionada. Así continúa elaborando las perspectivas sobre esta fuerza llamada “selección natural” a lo largo del libro. Cada nueva perspectiva relaciona un cierto aspecto de la selección natural con acontecimientos y circunstancias nuevas, entretejiendo la selección a lo largo del entero complejo narrado. Para concluir, en el capítulo final, se alcanza la perspectiva última: la selección natural es vista como el medio creativo mediante el cual Dios ha conformado su mundo. Sobre esta perspectiva volveré en un momento. El libro de Darwin muestra entonces un margen cada vez más amplio: la selección con respecto al interés fluctuante y egoísta del ser humano, la selección respecto a intereses altruísticos y normativos —es decir, los del bien de cada criatura— y, finalmente, la selección respecto al interés del univer-

<sup>3</sup> Louise Wilkerson (1990) llamó mi atención hacia esto.



so, la selección como manifestación de la divina providencia. A medida que la narrativa de Darwin continúa cambiando y ampliando la perspectiva sobre la selección, implicándola en un conjunto cada vez más amplio de condiciones, se convierte en algo más que una causa que opera usualmente en el mundo; es una causa con profundidad narrativa, y entonces su significado no puede captarse en una definición simple (tal como "el cambio de las frecuencias genéticas en el tiempo"), sino solamente desplegarse en un relato, en una narración del tipo de la que le dio vida originalmente.

Las narraciones, como he sugerido, son radicalmente perspectivistas y, en razón de ello, incompletas. Incluso la musa omnisciente e infinitamente veloz procesadora de palabras, Clío, no podría componer un relato que tuviera todas las perspectivas. Esto se debe a la lógica de la construcción narrativa. Un relato que pretendiera, por contener todas las perspectivas posibles, ofrecer un acceso completo a algunos acontecimientos pasados, tendría que mencionar todos los acontecimientos futuros también, ya que los acontecimientos futuros proveen una perspectiva sobre los acontecimientos pasados que los produjeron: por ejemplo, como historiador yo estudio al joven Darwin precisamente desde la perspectiva como el futuro autor de *El origen*; examino sus primeras ideas biológicas desde la perspectiva de su contribución a su entonces aún no formulada teoría. El historiador, de la misma manera que el biólogo evolucionista debe, lógicamente, investigar los acontecimientos pasados desde la perspectiva del futuro. Incluso ahora, la influencia reverberante de las primeras ideas de Darwin puede haber disminuido, pero difícilmente cesado. Una historia que incluyera todas las perspectivas confiables podría ser escrita solamente al final de los tiempos. O ni siquiera entonces, ya que, como observa Danto (1965, pp. 148-181), tendría que mencionarse a sí misma como uno de los acontecimientos futuros, y luego mencionarse a sí misma mencionándose a sí misma, y así sucesivamente.

Más allá de esta consideración imaginaria de cómo Clío podría escribir historia, existen dos niveles más profundos de la lógica de la construcción narrativa que exigen, lógicamente, que el historiador —y el biólogo evolucionista— investiguen los acontecimientos pasados desde la perspectiva del futuro. En primer lugar, el conocimiento, las ideas, las categorías, los intereses y las técnicas del historiador y del biólogo se forman en el presente; solamente a partir del presente se puede retroceder en el tiempo para narrar los acontecimientos pasados, pero siempre desde la perspectiva del conocimiento, las categorías, etc., que están en el futuro de esos acontecimientos, es decir, lo que aprendimos en las rodillas de nuestro viejo profesor. En segundo lugar, aunque el pasado contiene una infinidad de acontecimientos, para relatar una historia co-

herente, el historiador, o el biólogo evolucionista, debe seleccionar entre ellos. Generalmente, él o ella tendrán algún acontecimiento central por explicar, que ha sido escogido en razón de algún propósito presente y articulado utilizando el conocimiento presente. El acontecimiento principal, a su vez, servirá como norma, como una guía para seleccionar, de entre la infinidad de acontecimientos anteriores, aquellos que tienen efecto en el acontecimiento principal, que le dieron lugar y lo causaron. El biólogo que desea comprender la evolución del mecanismo auditivo de los mamíferos utilizará las estructuras del yunque, el martillo, y el estribo —es decir, nuestro conocimiento actual de esas estructuras— para trazar retrospectivamente su origen evolutivo en los huesos de la mandíbula de los primeros reptiles. Estos tres huesecillos se convierten en el pronóstico principal que guía la brecha en el pasado. Los acontecimientos anteriores, por su naturaleza, son vistos desde la perspectiva de lo que producen, los acontecimientos principales; y los acontecimientos principales son escogidos a la luz de los conocimientos y propósitos actuales del investigador.

Esto no significa que el historiador deba renunciar al esfuerzo por comprender el pasado en los propios términos de éste. Al contrario, el historiador intentará tender una red de causas antecedentes para fijar algún acontecimiento principal. La red debe aprehender efectivamente el acontecimiento principal, capturando sus características distintivas, antes que el historiador pueda proyectar su importancia en el futuro. De otra parte, es bueno recordar que el precepto presentista es muy apreciado actualmente. El historiador es parte inextricable de su cultura, y no una criatura que puede transmigrar libremente al pasado.

La autoridad narrativa puede ser considerada como un aspecto de la perspectiva narrativa. Las narraciones derivan su autoridad de dos fuentes diferentes: el texto y el autor. La autoridad del texto es simplemente una función del índice de realidad que él manifiesta. Mientras más alto es el índice, mayor es la autoridad que le reconocemos. Pero a textos con un índice bajo se puede aún atribuir mayor autoridad en razón del autor. El distinguido historiador E.H. Carr exageraba cuando, en su libro *Qué es la historia*, advertía: "Estudie al historiador antes de comenzar a estudiar los hechos" (Carr, 1961, pp. 26). Pero en algo había acertado. Así, por ejemplo, inmediatamente después de su publicación, *El origen de las especies* tenía cierta autoridad dada la reputación que como naturalista tenía ya Darwin. Incluso aquellos que no fueron completamente convencidos por el argumento del libro lo tomaron con seriedad, al que se reconocía autoridad, a causa de que un consumado naturalista como Darwin lo había escrito en sus años de madurez.

## LAS DIMENSIONES TEMPORALES DE LA NARRATIVA

El tiempo se introduce en las narraciones de cuatro maneras diferentes. Necesitamos distinguir el tiempo de los acontecimientos, el tiempo de los acontecimientos narrados, el tiempo de la narración, y el tiempo de la construcción narrativa.

*El tiempo de los acontecimientos  
y el tiempo de los acontecimientos narrados*

En la narración, la duración de los acontecimientos está implícitamente codificada en el tiempo newtoniano. Suponemos que los acontecimientos *en la naturaleza* existen en un tiempo que fluye continuamente, homogéneo, donde cada unidad es comparable a cualquiera de las otras. Sin embargo, la estructuración temporal de los acontecimientos *narrados* puede ser todo lo contrario del tiempo newtoniano. Por ejemplo, la pieza de Harold Pinter, *Betrayal*, comienza temporalmente al final, en los últimos días de la secuencia temporal. La siguiente escena discurre en la dirección temporal correcta, teniendo lugar algunos días después; pero la tercera escena retrocede súbitamente a dos años antes, la cuarta a un año antes que ésta, la escena quinta aún un año antes, las escenas sexta y séptima saltan hacia adelante algunos días, y finalmente la última escena nos lleva a un periodo de seis años antes de los días finales con que la pieza comenzó. El auditorio, aunque se le lleva hacia atrás en el tiempo y luego se le hace saltar algunos días hacia adelante mediante la estructura de los acontecimientos narrados, nunca pierde sus referencias temporales, nunca llega a creer que el tiempo real de los acontecimientos retrocede o zigzaguea como los acontecimientos narrados. Por el contrario, la estructuración del tiempo que hace Pinter logra su propósito porque la audiencia reconoce que los acontecimientos *realmente* arrastran los pies en el futuro con el mismo paso newtoniano.

En la literatura, los mecanismos más familiares para alterar el tiempo de los acontecimientos narrados son la escena retrospectiva, la reminiscencia, y la repetición temporal. Las repeticiones temporales ocurren cuando la descripción de las experiencias de un personaje se repite en un tiempo ya representado durante la descripción de las experiencias de otro personaje. Estos mecanismos tienen sus contrapartes familiares en la historia y en la ciencia histórica, como cuando, por ejemplo, vemos que el paleontólogo comienza comentando el desarrollo de las formaciones geológicas y luego, en otra sección de la narración, lo vemos repetir la secuencia temporal al describir los animales y las plantas que florecieron durante esos periodos geológicos.

Los acontecimientos se desarrollan en el tiempo real, newtoniano; los acontecimientos narrativos se desarrollan en un tiempo narrativo. Considérese como usa Darwin esta disyunción temporal para obtener un efecto dramático en su capítulo "Sobre las imperfecciones del registro geológico". Para poder captar el largo tiempo newtoniano de la evolución, él pide al lector imaginar un proceso que ocurre durante sólo un periodo de tiempo geológico, aquél de la erosión de Weald, la gran erosión marina de los peñascos en el área de Kent-Surrey. Darwin (1859, pp. 287) pinta los peñascos de 500 pies siendo erosionados a razón de una pulgada cada siglo, y calcula que el proceso total tomó 300 millones de años. La narración de Darwin ha reducido el tiempo real incomprensible a un tiempo narrativo captable: la destrucción centímetro a centímetro de las paredes de piedra comprime el tiempo real dentro de un tiempo narrativo que podemos imaginar. Hacia la quinta edición (1869) de *El origen*, sin embargo, Darwin había invertido dramáticamente este proceso de compresión temporal. En el ínterin, Lord Kelvin había calculado que la Tierra podría no tener más de 200 millones de años, un periodo aparentemente muy breve para que hubiera tenido lugar la evolución. Con mucha astucia, Darwin empleó, en respuesta, un formidable recurso narrativo, esta vez para expandir el tiempo. Él atrapa al lector con la siguiente observación: "Pocos de entre nosotros, sin embargo, sabemos lo que realmente significa un millón". Entonces, en esa quinta edición, ofrece una ilustración: "Tómese una delgada tira de papel —dice— de 83 pies y 4 pulgadas de largo, y extiéndase a lo largo de la pared de un gran salón; luego márquese en un extremo una décima de pulgada. Esta décima de pulgada representará cien años, y la tira completa un millón de años". Pero en esa décima de pulgada, "una medida en extremo insignificante en un salón de las medidas anteriores, los criadores habrían introducido muchas nuevas clases de animales" (Darwin [1869] 1959, pp. 485-486). La selección natural, sugería Darwin, podría ser capaz de lograr una enorme cantidad de trabajo en un salón de 83 pies de largo. La narración de Darwin ha expandido el tiempo en que ocurren los acontecimientos, debilitando junto con ello las objeciones de los físicos.

### *El tiempo de la narración*

El tiempo de la narración es un recurso menos familiar mediante el cual la narración reestructura tanto el tiempo real como el narrado. Consideremos dos maneras mediante las cuales esto puede ocurrir. La primera es por medio de la contracción o la expansión de las oraciones. Al comienzo de su historia, Tucídides se vale económicamente de unos pocos

párrafos acerca de los acontecimientos en Grecia a partir de las épocas tempranas de la hegemonía de Creta hasta el momento exactamente anterior al estallido de la guerra entre Atenas y Esparta; un periodo de alrededor de dos mil años. Pero luego dedica varios cientos de páginas al periodo relativamente breve —veinte años— de la guerra. En los relatos, los siglos pueden contraerse en el espacio de una frase, mientras que algunos momentos pueden expandirse a través de cientos de párrafos.

En un relato histórico determinado, el tiempo en frases —es decir, la duración de la escritura y lectura dedicado a esos acontecimientos— servirá como un índice aproximado de la importancia que se asigna a esos acontecimientos. De este modo, en *El origen*, por ejemplo, Darwin menciona cuatro objeciones posibles a su teoría en cuatro cortísimos párrafos, pero ocupa las siguientes 175 en contestarlas. El oponente de Darwin, St. George Jackson Mivart, en su libro *On the Genesis of Species* (1871), invierte esas proporciones; el grueso de sus páginas extiende las objeciones a la teoría de Darwin, y solamente algunos pocos párrafos enuncian positivamente lo que ésta es. Sir Charles Lyell, en sus *Principles of Geology* (1830-1833), cometió el error estratégico de dedicar cerca de la misma cantidad de tiempo de frase a la descripción de la teoría evolutiva de Lamarck que a sus propias objeciones a esa teoría. El lento gotear de las frases que presentaban la teoría de Lamarck minó la resistencia de Darwin, Wallace y Spencer a sus nuevas ideas, difícilmente el resultado que pretendía Lyell.

Una segunda manera, menos familiar, en que el tiempo de la narración altera las representaciones tanto del tiempo newtoniano como del narrado es a través del hiato y la yuxtaposición. Éstos son los límites temporales del carácter escénico de la narración: las narraciones se relatan en escenas, en rodajas temporales. Como resultado, en el hiato los periodos newtonianos ocuparán el corte entre las escenas. Sin embargo, en el texto escrito, no habrá hiato, solamente la yuxtaposición de una escena con otra. Por ejemplo, en la *Historia de la guerra del Peloponeso*, de Tucídides, la oración fúnebre de Pericles —un elogio a las glorias de la vida de la ciudad de Atenas, las virtudes de su pueblo y lo maravilloso de sus leyes— tiene lugar al comienzo del invierno del primer año de la guerra. Los párrafos que van inmediatamente a continuación de la oración, sin embargo, describen el brote de la terrible plaga que devastó Atenas durante el verano siguiente. Esta yuxtaposición, con un hiato de cerca de seis meses, sirve implícitamente para contrastar la imagen que los atenienses tenían de sí mismos como “escuela de Grecia”, con la realidad de la plaga, que puso al desnudo su conducta más primitiva y sus instintos más profundos, sobre los cuales “ningún temor de dios ni ninguna ley humana tenía una influencia restrictiva” (Tucídides, 1972, p. 155).

*El tiempo de la construcción narrativa*

Una cuarta dimensión temporal de la narración —que difiere del tiempo real, del tiempo de los acontecimientos narrados, y del tiempo de la narración— es el tiempo de la construcción narrativa. Una narración tiene, en razón de su construcción, una trama temporal que muestra algo así como un horizonte temporal y una profundidad temporal. Considérese primero cómo el modo particular en que el historiador investiga y escribe da a la narrativa una trama horizontal. Tucídides escribió la primera parte de su historia hacia el final de la guerra, cuando los espantosos acontecimientos subsiguientes le permitieron escoger y describir los sucesos anteriores, teñidos ahora, sin embargo, con el furor ateniense que entonces estaba aún sin manifestarse. Sólo los beneficios de la mirada retrospectiva, por ejemplo, podrían haberle permitido poner en boca del mensajero espartano Melesipo, que fue enviado en una última y desesperada misión de paz justamente antes del primer choque armado, el lamento profético: "Este día será el comienzo de grandes infortunios para la Helade". Mediante la ordenación horizontal del tiempo, en la cual el futuro estructura temporalmente descripciones del pasado, el historiador puede describir los acontecimientos de maneras en que no habrían podido hacerlo los actores que participaban en esos acontecimientos. La profecía de Melesipo era posible solamente porque Tucídides la había ya vivido. O, para tomar otro ejemplo, cuando como historiador yo escribía "En 1837 Darwin estaba trabajando en sus teorías premalthusianas del cambio de las especies", construía (como Danto ha argumentado) una clara frase narrativa que Darwin, en 1837, no podría haber enunciado acerca de sí mismo. De manera semejante, cuando yo describía la teoría de Darwin en 1859 diciendo que contenía "características lamarckianas residuales", inmediatamente contraía el tiempo vinculando un acontecimiento u objeto con otro en el pasado remoto; en este caso, tanto con la persona de Lamarck como con las teorías tempranas del propio Darwin. Con esta disposición temporal, la narración implica los acontecimientos pasados con sus antecedentes en el aún más remoto pasado y con sus consecuencias relativas en el futuro; los acontecimientos son dispuestos mediante pliegues hacia el pasado y hacia el futuro. Tales ordenamientos temporales forman una característica comprensión narrativa del pasado. Porque los acontecimientos reales, aunque pueden llevar con ellos los efectos de su pasado, no pueden llevar las marcas de su futuro; los acontecimientos narrados, en cambio, están perforados por el lazo narrativo que los mantiene asegurados tanto al pasado como al futuro.

Las construcciones narrativas no solamente se extienden a lo largo de un horizonte temporal, sino que sus capas descienden dentro del pasado

del autor, de manera muy semejante a una columna de depósitos sedimentarios. Considérese, por ejemplo, la descripción que hace Darwin en *El origen*, de las acciones de la selección natural en relación con la selección humana:

El hombre puede actuar únicamente sobre las características externas y visibles: la naturaleza no se preocupa en absoluto por las apariencias, excepto en la medida en que éstas pueden ser útiles para algún ser. Ella puede actuar en cada órgano interno, en cada matiz de diferencia de constitución, en el mecanismo todo de la vida. El hombre selecciona solamente en función de su propio bien; la naturaleza solamente en función del ser al cual propende [...] Puede decirse que la selección natural vigila día a día, hora a hora, a través del mundo, cada variación, incluso la más ligera, rechazando las malas, preservando e incrementando todas las buenas, trabajando silenciosa e imperceptiblemente, donde y cuando quiera que se ofrezca una oportunidad para el mejoramiento de cada uno de los seres orgánicos con relación a sus condiciones orgánicas e inorgánicas de vida. [Darwin, 1859, pp. 83-84.]

Más abajo de este manifiestamente importante pasaje del capítulo cuatro de *El origen* (terminado en los últimos meses de 1858), podemos descender a las capas inmediatamente subyacentes, hacia el borrador del capítulo de su libro *Natural Selection*, comenzado cerca de un año antes:

Él (el hombre) selecciona solamente mediante la vista y actúa por tanto únicamente sobre las características externas: no puede percibir las ligeras diferencias de constitución [...] Selecciona cualquier peculiaridad o cualidad que le parece o que le es útil, sin importarle si ella es provechosa para el ser y si es la mejor adaptación posible a las condiciones a las cuales el ser está expuesto [...] ¡Considérese de cuán diferente manera actúa la naturaleza! Por naturaleza entiendo las leyes dispuestas por Dios para gobernar el universo. Ella no se preocupa por la mera apariencia externa, puede decirse que vigila con un ojo severo, cada nervio, cada vaso y cada músculo; cada hábito, cada instinto, cada matiz de la constitución; el mecanismo completo de la organización. Aquí no habrá capricho, ni favoritismo: se preservará lo bueno y se destruirá estrictamente lo malo, porque todo lo bueno y lo malo está expuesto, durante algún periodo del crecimiento o durante alguna generación, a una severa lucha por la vida. [Darwin, 1975, pp. 223-224.]

Y a través de este pasaje subyacente uno puede aún llegar hasta *la roca sólida* del ensayo de 1844 (y a la capa inmediatamente subyacente en el ensayo de 1842), en el cual la selección natural está modelada obviamente sobre las selecciones de un ser infinitamente sabio, y luego se convierte en una causa secundaria en el plan divino:

Supongamos ahora un Ser con una mirada lo suficientemente penetrante para percibir las diferencias en la organización externa y en aquella interna más profunda y totalmente imperceptible para el hombre, y con una precencia que se extiende sobre los siglos futuros para observar con infalible cuidado y para seleccionar para cada objeto la descendencia de un organismo producido en las circunstancias precedentes; no veo una razón por la que él no pudiera formar una nueva raza [...] De acuerdo con el plan mediante el cual este universo parece gobernado por el Creador, consideremos si existe algún medio secundario en la economía de la naturaleza mediante el cual el proceso de selección pudiera actuar adaptando, correcta y maravillosamente, los organismos [siquiera en un grado tan pequeño plástico], a diversos fines [...] El hombre selecciona principalmente mediante el ojo, y no es capaz de percibir el curso de cada vena y cada nervio, ni la forma de los huesos, ni la medida en que las estructuras internas corresponden a la apariencia externa [...] La ley natural de la selección actúa de manera muy diferente [...] La fuerza de la selección no se deja engañar por las apariencias externas, ella somete a prueba al ser durante toda su vida, y si éste está menos adaptado que sus congéneres, es destruido sin falta; cada una de las partes de su estructura es así examinada y aprobada como adecuada para el lugar que ocupa en la naturaleza. [Darwin, 1909, pp. 85, 87, 94, 95.]

El descenso vertical dentro de la formación de *El origen de las especies* revela una inesperada conexión geológica. La selección natural, tal como se ilustra en *El origen de las especies*, fue forjada con elementos del Creador de Paley y, como podríamos esperar, manifestaba todavía poderes divinos en 1859: la selección natural de *El origen* observa omniscientemente en el fondo de los seres vivos, de manera que ningún rasgo escapa a su escrutinio; actúa altruistamente, por el bien de cada criatura, y por el bien general de toda la naturaleza; a la manera del Viejo Testamento, ella actúa sobre vastas épocas, lenta, constante y tan imperceptiblemente como el tiempo mismo; y a partir del oscuro caos de la vida primitiva, produce progresivamente formas más altas. Éste es el Dios de Paley convertido en marioneta.

#### CAUSALIDAD EFICIENTE Y CAUSALIDAD FINAL EN LAS DESCRIPCIONES NARRATIVAS

##### *La causalidad en la naturaleza*

A las divisiones del tiempo asociadas con las explicaciones narrativas corresponden cuatro diferentes niveles de causalidad. Dependiendo de la visión metafísica que uno tenga, los acontecimientos en la naturaleza tendrán, hasta cierto punto, de manera necesaria, nexos productivos en-



tre sí. La mayoría admitiría, creo, que los acontecimientos presentes irradian la causalidad dentro del futuro en formas a menudo incalculables. Nuestra confianza en la predicción habrá de caer en proporción logarítmica directa a la distancia proyectada, la complejidad de los acontecimientos y (como dimensión de la complejidad) a su capacidad de respuesta a las circunstancias. Es por esto que el evolucionista no puede hacer muchas predicciones sobre las consecuencias de un sistema. Yo añadiría que los físicos no son, lógicamente hablando, mejores; los sistemas que proyectan son usualmente más simples y están, hasta donde lo permiten las circunstancias, muertos. Pero, no pueden predecir con mayor precisión que aquella con la que Darwin podría haber adivinado el surgimiento y el desarrollo evolutivo del virus VIH, la trayectoria exacta de una hoja que cae en uno de los días tempestuosos de Chicago.

### *La causalidad de los acontecimientos narrados*

En contraste con los acontecimientos en la naturaleza, los acontecimientos en una narración presentan una diferente lógica causal. Cuando en 433 a.C., los atenienses de la historia de Tucídides interfirieron en un asunto interno de Corinto —un aliado de Esparta— no podrían haber predicho que de allí resultaría una guerra, aunque hubieran podido sospecharlo; pero ciertamente, no podrían haber predicho su ignominiosa derrota en la campaña de Sicilia veinte años más tarde. Desde dentro del escenario presentado por Tucídides, el futuro aparece abierto; todo es posible o, por lo menos, impredecible. Pero cada una de sus escenas se mueve inevitable e inexorablemente hacia aquel clímax que, como él lo pintaba, fue

la más grande acción helénica que tuvo lugar durante esta guerra y, en mi opinión, la más grande acción que conocemos en la historia helénica: para los vencedores, fue el más brillante de los triunfos, para los vencidos, la más calamitosa de las derrotas; porque fueron dura y completamente derrotados, y sus sufrimientos fueron enormes; sus pérdidas fueron, como ellos dicen, totales: el ejército, la armada, todo fue destruido y, de entre muchos, sólo pocos regresaron. [Tucídides, 1972, pp. 536-37.]

Desde el periodo durante el cual Tucídides realmente redactó su historia, podía mirar hacia atrás y detectar la vía férrea de la necesidad causal. Él contemplaba el pasado desde la perspectiva del acontecimiento central, es decir, desde la campaña de Sicilia. Ese acontecimiento central formaba la causa final a la luz de la cual él buscaba, retrospectivamente, las causas eficientes antecedentes, que seleccionaba de entre una

infinidad de causas posibles. Desde la perspectiva del futuro, donde reside la causa final, todo en el pasado estaba fijo, determinado. Y esa causa final, el acontecimiento central, se convirtió en el faro que iluminaba aquellas cadenas causales eficientes que conducían hacia ella. Ahora, cuando leemos la historia de adelante hacia atrás, sentimos tanto la libertad dentro de las escenas como su constreñimiento, en la medida en que somos jalados a lo largo de éstas hacia un inevitable futuro. La fuerza magnética de la resolución futura es precisamente la que constituye una parte considerable de la capacidad de explicación.

Dependiendo de la práctica narrativa del historiador, la libertad dentro de las escenas, rodajas temporales de la acción, será más o menos completa en función de las frases específicamente narrativas que se han empleado. Es decir, que a medida que el autor escribe aquellas frases que anticipan abiertamente el futuro —por ejemplo, cuando el mensajero de Tucídides predice las penas que aguardan a la Hélade— una escena dada estará más estrechamente fijada a su movimiento causal. Pero la estrategia de un autor puede ser la de enfatizar las posibilidades. Martin Rudwick, en su libro *The Great Devonian Controversy*, decía que quería escribir una historia que fuera rígidamente no-retrospectiva, que pudiera mantener abierto el futuro en cada momento (Rudwick, 1985, pp. 12-13). Dentro de las escenas de su historia redujo las frases específicamente narrativas a un mínimo, y así, a cierto nivel, no solamente mantenía a sus actores sino también a sus lectores en la oscura noche de la posibilidad. Pero el mismo Rudwick sostenía una vela, y así cada una de sus escenas sólo momentáneamente revolotea sin dirección aparente: muy pronto éstas vuelan hacia la conclusión preestablecida. Las narraciones, como los organismos evolucionados, son creadas a partir del azar y la necesidad.

### *La causalidad de la narración*

La causalidad implicada en la narración, por oposición a los acontecimientos narrativos, puede tomar varias formas, pero aquí solamente mencionaré dos: la primera refleja aquellos hiatos temporales y aquellas yuxtaposiciones escénicas a las que ya me he referido. Tucídides pondrá una escena en la que domina un discurso que motiva la acción, en contraste con otra en la que se desarrolla una acción, aun cuando los acontecimientos mismos podrían estar a una gran distancia temporal. Este diseño narrativo, o trama —el término que usa White— refuerza la idea de Tucídides de que la intervención de los oradores causó la acción subsecuente aunque, a menudo, como el irónico historiador lo pinta, la acción subsecuente no era la que los oradores habían anticipado. Existen

además otras maneras más sutiles en las que el texto opera causalmente. Considérese por ejemplo, la obra de Gibbon *Decline and Fall of the Roman Empire*. Cuando Gibbon comienza a describir aquellas guarniciones más distantes de Roma, el centro del imperio y también de la atención de Gibbon, sus frases se hacen más largas. Como otro ejemplo aleccionador, tenemos el trabajo del gran historiador y estilista francés Jean Fontenelle, que observaba que si la cadencia de sus frases lo hubiera exigido, la Guerra de los treinta años habría tenido un desenlace diferente. Aquellos que escriben historia, evolutiva o de otro tipo, saben que la observación de Fontenelle tiene peso.

### *La causalidad de la construcción narrativa*

Por causalidad de la construcción narrativa entiendo aquellos varios factores que llevan al historiador —y al biólogo historiador— a atacar un problema particular, a conformar la historia de una manera particular y a orientarse hacia ciertas conclusiones. David Hume decía que él había escrito para conseguir la fama literaria. Erasmus Darwin, el abuelo de Charles, tomó el camino más altamente estimado por los escoceses; él no escribía por la fama sino, como él mismo lo explicaba, por el dinero. Algunos biólogos, especialmente los teólogos naturales que Darwin leyó, escribieron para justificar la manera en que Dios se conduce con el hombre. Los sociólogos de la ciencia contemporáneos han discutido tales motivaciones (y otras debidas a los intereses de clase y al beneficio económico), aunque a menudo dejan en la oscuridad otra motivación y otra fuente causal para la conformación de la ciencia narrativa: el motivo de simplemente describir con precisión las obras del presente o del pasado de la naturaleza, y de explicar los vínculos entre los dos. Esta motivación servirá a menudo a otras; la búsqueda de la fama, por ejemplo. Pero estos motivos más pedestres podrían, de hecho, alcanzarse más fácilmente cuando opera la motivación realista. Al actuar con este último motivo, la pasión por dar una descripción precisa y verdadera, como lo requiere especialmente la reunión de pruebas, la atención al argumento, la cuidadosa búsqueda de la teoría, permite a la mano conformadora del pasado, en forma de prueba y de su organización racional, proveer las escenas que el historiador, a la luz de los hechos principales, habrá de seleccionar y ensamblar dentro de su narrativa.

## LA EXPLICACIÓN EN LA HISTORIA Y LA CIENCIA

Tanto el modelo hempeliano de la explicación como la exigencia de Popper y Lakatos de una dramática corroboración, suponen una simetría entre explicación y predicción. Ya que la historia y la biología histórica pueden hacer pocas predicciones con algún grado de importancia, son rechazadas como ciencias a causa de la impotencia explicativa que parece implícita en sus fracasos predictivos. Muchos filósofos de la historia contemporáneos (p. ej., Hayden White, Paul Ricoeur, y Hans George Gadamer)<sup>4</sup> aceptan este rechazo. Estos filósofos posmodernos están de acuerdo: la historia no es una ciencia; pero, insisten, las técnicas explicativas de la historia no son menos legítimas. Estos autores se defienden contra la soberbia de la ciencia (más bien, contra la soberbia de los impenitentes filósofos de la ciencia) añadiendo ladrillos al muro que separa a la ciencia de las disciplinas históricas, y luego afirmando una nueva y soberana capacidad de explicación. Pero un examen más cuidadoso del supuesto fracaso de la historia como forma de mostrar la fuerza predictiva que se supone tiene la ciencia comenzaría, creo, a abrir una brecha en esta distinción. Cuando las barreras caigan lo que veremos no es que la narrativa histórica fracasa como explicación científica, sino que buena parte de la ciencia triunfa únicamente como narración histórica.

Considérese primeramente el nivel de detalle narrativo que las disciplinas históricas requieren. Si yo fuera un historiador que vive en la década de 1830 y tratara de predecir el destino de las ideas evolucionistas tempranas, un vaticinio seguro sería la perogrullada "algo va a suceder con ellas". Pero la historia exige una descripción detallada de los acontecimientos y no toleraría algo tan vacío como eso. Una predicción más arriesgada, aunque más razonable, podría ser la de que las ideas evolucionistas serían cultivadas únicamente por naturalistas inexpertos y no arraigarían nunca en la comunidad científica. Razonable, pero desastrosamente equivocada. El problema no consiste en que, como historiador, no tenga yo a mi disposición leyes o condiciones causales apropiadas, sino en que no sé ni qué leyes son pertinentes ni cuáles podrían ser las condiciones causales antecedentes (la misma posición en que se hallaría el físico de Chicago frente a la hoja que cae). La ingenuidad humana presenta una enorme cantidad de leyes pertinentes posibles y el universo extiende una infinidad de posibles condiciones causales antecedentes pertinentes. Lo que falta es precisamente un acontecimiento principal que sea descrito con el nivel exacto de detalle, que pueda servir como causa final para seleccionar las condiciones antecedentes pertinentes y,

<sup>4</sup> Véase la discusión que de este asunto hace Hayden White (1987).

como habremos de discutir en un momento, los principios narrativos que puedan usarse para ayudar a construir y justificar una explicación. Una vez que el acontecimiento principal ha ocurrido y ha sido fijado con el detalle apropiado por el historiador, entonces puede formarse, no la predicción, desde luego, sino la explicación; unos relatos con una capacidad explicativa peculiar. Los acontecimientos principales, juntamente con las causas antecedentes, determinan para el historiador cuáles principios o generalizaciones en forma de ley pueden utilizarse para la ulterior justificación de una explicación. El modelo deductivo-nomológico considera las leyes como lo dado no problemáticamente de una explicación científica. Cuando Hempel describe los elementos necesarios y suficientes de una explicación, comienza con la presuposición de que las condiciones antecedentes y las leyes generales están allí, a la mano. Pero consideremos un acontecimiento histórico típico que espera una explicación, tal como el descubrimiento de Darwin de la selección natural.

Para construir una explicación del descubrimiento de Darwin, el historiador debe primero dar al principio de selección natural la expresión histórica pertinente ligada a él; ésta no es, desde luego, "el cambio de las frecuencias de los genes en el tiempo", la manera corriente en que lo planteamos ahora, ni siquiera las varias descripciones que de él se encuentran en *El origen de las especies*, aunque éstas pueden ofrecer una guía, sino los varios párrafos en el *Cuaderno D*, donde el principio parece emerger por primera vez. Entre las frases que revelan la nueva perspectiva de Darwin, el historiador encuentra:

No dudo que todos hemos supuesto, hasta que lo pensamos detenidamente, que el incremento en el número de animales es exactamente proporcional al número de los que pueden vivir. Debemos estar lejos de imaginar cambios en el número de especies a partir de pequeños cambios en la naturaleza del lugar. Incluso el lenguaje enérgico de [...] De Candolle no lleva consigo la lucha de las especies como una inferencia de Malthus [...] Puede decirse que hay una fuerza como la que ejercerían cien mil cuñas que presionaran dentro de cada tipo de estructura adaptada en los nichos de la economía de la naturaleza, o más bien formando los nichos mediante la expulsión de las más débiles. La causa final de todo este forcejeo de las cuñas, debe ser el hacer emerger la estructura correcta y adaptarla al cambio. [Darwin [1838] 1987, pp. 374-75.]

Por supuesto, el historiador puede reconocer éste como el acontecimiento que necesita explicación, solamente por haberse movido retrospectivamente, a partir de expresiones vagamente similares de la selección natural en *El origen de las especies* hasta este pasaje en el *Cuaderno D*. Es precisamente este movimiento retrospectivo lo que se requiere para alcanzar el acontecimiento más inmediato a ser explicado. El historiador

de las ideas considera los pasajes de *El origen* como la causa final que enfoca conceptualmente la selección retrospectiva en las etapas anteriores, en este caso, de la "misma" idea. Luego, el pasaje en el cuaderno, a su vez, sirve también como una causa final mediante la cual se determinan las causas antecedentes que podrían haber producido tal pasaje. Pero este acontecimiento-explanandum, a diferencia de los ejemplos corrientes —tales como el que explica por qué un objeto conduce la electricidad—, envía al historiador en varias direcciones diferentes; porque un acontecimiento tan complejo como el pasaje del *Cuaderno* tendrá muchas causas, que tendrán que ser sopesadas para distribuir su importancia relativa dentro de la causalidad de la idea de Darwin sobre la selección natural. Este sopesar las causas es un requisito absoluto para construir una explicación adecuada. Si el historiador mencionaba como una causa significativa de la idea de Darwin el hecho de que éste nació en 1809, de manera que pudo embarcarse en el *Beagle*, nosotros juzgaríamos esto, por supuesto, como una causa, pero que no merece mencionarse y que no es significativa para la producción de la teoría de la selección natural.

Pero en este ejemplo, podemos enfocar simplemente la caracterización corriente que se da de la teoría de Darwin, es decir, que él leyó el *Ensayo sobre la población* de Malthus. Y concedamos que la lectura de Malthus es una explicación perfectamente adecuada, por lo menos para nuestros propósitos actuales. ¿Cuál es, entonces, la ley que vincula la lectura de Malthus con el descubrimiento de la selección natural? Obviamente ésta no puede ser ninguna ley o generalización con forma de ley, tal como: si uno lee a Malthus descubre la selección natural. Darwin pudo haber leído atentamente a Malthus en otras ocasiones —por ejemplo, mientras estaba en Edimburgo— y no habría descubierto la selección natural. Ni tampoco, finalmente, podría ser un principio tal como: si Darwin lee a Malthus el 28 de septiembre de 1838, descubre la selección natural. Este principio difícilmente es semejante a una ley; únicamente redscribe el acontecimiento. El historiador perspicaz, al solicitarle *justificar la caracterización*, puede formular usualmente una generalización, quizás en este caso: "Cuando se encuentran, en el trabajo de una persona, ideas que se parecen a aquellas que figuran en documentos que esa persona leyó anteriormente, esas ideas fueron causadas por la lectura anterior, *ceteris paribus*". Pero incluso esto no es totalmente adecuado, porque Darwin efectivamente leyó un resumen de Malthus en la *Teología natural* de Paley (s.f., p. 479) —unos ocho años antes, mientras estaba todavía en la universidad— sin la consecuencia inmediata de descubrir la selección natural (aunque ésta podría ser el tipo de causa remota —un agente ablandador— que un historiador desearía in-

cluir en la explicación). Más aún, la frase operacional “semejante a” cubrirá una gran cantidad de distinciones históricas; simplemente le falta la precisión requerida por cualquier expresión de una ley. Finalmente, para invocar tal generalización, el historiador debe saber varias cosas que solamente una narración parcialmente construida puede proveer; por ejemplo, que Darwin leyó a Malthus en el “momento apropiado”, que él era el tipo de individuo sobre el cual la lectura produciría una impresión, y produciría la impresión correcta en una cierta etapa de su desarrollo mental. Así, el historiador debe construir, por lo menos en la imaginación, una narración más bien completa, con una estructura temporal definida, *antes* que alguna generalización del tipo de las aquí sugeridas pudiera ser invocada. Y en el relato escrito, el historiador debe ofrecer una narración que sitúe a Darwin como un lector de Malthus: la narración debe reconstruir un pasaje de Malthus para hacerlo “similar a” un pasaje de Darwin, y debe hacer de Darwin el tipo de persona para quien, en un momento particular, tal lectura podría tener consecuencias; es decir, la narración debe haber llevado a Darwin al punto en el cual el problema de la adaptación por transformación de especies exige una dinámica de presión poblacional para completar la idea de la selección natural. Sin el contexto de la narración del ambiente —tanto en la construcción del relato como en su expresión— no puede apelarse a ninguna generalización tópica como la aquí sugerida. En resumen, la selección y el empleo de las generalizaciones justificadoras depende de la narración más bien que al contrario; y esto es exactamente opuesto a la suposición del modelo nomológico deductivo. Porque ese modelo supone que la o las causa(s) antecedente(s) *como tales* deben agregarse a un *explanandum* sin la previa conformación de esas causas dentro de un molde narrativo.

Los historiadores (y los biólogos) construyen explicaciones narrativas y los lectores la aceptan usualmente sin una invocación explícita de las generalizaciones. Para estar seguro, cuando se le exige, el historiador puede recurrir a tales generalizaciones para defender la explicación narrativa; pero explicar algo es una actividad completamente diferente, desde el punto de vista lógico, a la de justificar una explicación. Las generalizaciones con forma de ley usualmente sólo juegan un papel en la última, no en la primera. Aquí, de nuevo, el modelo hempeliano difiere del modelo narrativo.

Puede aún objetarse, sin embargo, que las leyes y las generalizaciones mantienen unidos los acontecimientos narrados. De manera que los historiadores, se insistirá, deben previa aunque silenciosamente, utilizarlas en la construcción de sus relatos y los lectores deben, previa aunque implícitamente, aplicarlas para apreciar la fuerza lógica de la historia

relatada. Esta objeción es significativa, porque hay un sentido en el que los principios de un tipo especial agregan su fuerza a la estructura temporal de la narración para mantener unidos los acontecimientos. Pero esos principios no son usualmente "leyes", en ninguno de los sentidos convencionales de tal término. Voy a discutir estos "principios de conocimiento narrativo", como podemos llamarlos, en un momento. Puedo mencionar ahora, sin embargo, algunas consideraciones lógicas simples que demuestran que las leyes no tienen primacía ni en las explicaciones históricas ni en las explicaciones científico-naturales. Las leyes, como se entienden comúnmente, desde luego, ocuparán en las estrategias narrativas de algunas disciplinas (p. ej., en la cosmología) un lugar más importante que en otras.

En la historia, como he tratado de ilustrar, incluso la aplicación de generalizaciones tópicas depende de un marco narrativo ya establecido. Inicialmente el historiador reconstruirá los acontecimientos antecedentes a la luz del acontecimiento principal, pero lo hará en una primera instancia reuniendo simplemente todo lo que pueda saberse acerca de los acontecimientos con más cercana contigüidad temporal al acontecimiento principal, filtrándolos primero a la luz de las características de ese acontecimiento principal. Este filtro va a producir dos tipos generales de acontecimientos antecedentes: aquellos que son etapas más tempranas del acontecimiento principal (como cuando el historiador va de la expresión darwiniana de la selección natural en *El origen* hacia su formulación más temprana en los *cuadernos*); o aquellos que no son etapas del acontecimiento principal, pero que son posibles agentes de su producción (como sería la lectura de Malthus). Las etapas más tempranas son aisladas en razón de las relaciones temporales y, lo que es más importante, por la semejanza de sus patrones. Un análisis retrospectivo de las etapas bien puede llevar al historiador hacia una fase de desarrollo muy temprana que tiene poca semejanza con el final, en cuyo caso la serie de alteraciones se extendería hacia atrás a lo largo de un determinado trayecto temporal, con las semejanzas más cercanas desvaneciéndose en las diferencias remotas. No se necesitarían, creo, leyes empíricas reconocibles para tal reconstrucción histórica.

Ahora, por lo que se refiere al otro tipo de acontecimientos antecedentes, aquellos que producen alteraciones en el acontecimiento principal o en las varias etapas que llevan a éste, tales acontecimientos modificantes, de nuevo en una primera instancia, deben ser reconocidos por el historiador como dotados de tres características que solamente pueden serles conferidas por una narración embrionaria: *a*) la relación temporal requerida hacia los acontecimientos principales; *b*) el peso correcto (p. ej., una narración incipiente debe tener ya situado el acontecimiento anteceden-



te entre otros acontecimientos palpables y haberle dado prioridad); y, si ellos deben vincularse al acontecimiento principal por medio de cualesquiera principios generales *c)* el nivel apropiado de generalidad, puesto que las leyes relacionan un tipo general de acontecimiento con otro y sólo indirectamente una instancia particular de un tipo general con otra (una consideración crucial, que desarrollaré en un momento). Solamente después de que una narración vitalizante ha conferido al acontecimiento principal y a un potencial antecedente modificador tales características, el historiador puede invocar (por lo regular tácitamente) un principio general. El lector, a quien se explica el acontecimiento principal, dependerá igualmente de la narración hasta ese punto para demostrar que el acontecimiento antecedente tiene peso, que es temporal y generalmente pertinente, antes de que pueda hacerse intervenir ninguna comprensión tácita de las leyes para vincular tal acontecimiento antecedente con un acontecimiento principal. En la práctica, el historiador —y el lector— reconocerán las generalizaciones en forma de ley solamente después de que los acontecimientos hayan sido expuestos en una secuencia temporal y hayan sido comprendidos inmediatamente como productivos.

¿Cuál es el carácter de las generalizaciones con forma de leyes que los historiadores emplean comúnmente? Desde luego, éstas no son usualmente del tipo de las que se encuentran catalogadas en los manuales escolares. Considérese ahora otra versión del principio que podría vincular, para el historiador y el lector, el descubrimiento de Darwin con su lectura de Malthus. Habiendo descrito primero, explícita o implícitamente, el pasaje del *Cuaderno D*, y habiendo tomado en cuenta después la mención de Malthus en ese pasaje, el historiador probablemente se volvería al primer *Ensayo sobre la población* de Malthus. Lo que exige ese recurso (aparte de la propia indicación de Darwin de que Malthus es la causa) es de hecho un conocimiento, pero no es lo que uno llamaría ordinariamente una ley. Es el conocimiento de que en el pasado, grandes (y no tan grandes) pensadores han formado sus ideas importantes inmediatamente a partir de la lectura de sus predecesores. No toda gran teoría tiene este origen, ni las lecturas de un científico lo llevan siempre a un descubrimiento significativo, ni podría el historiador o el lector intentar siquiera ofrecer alguna expresión estadística de la relación entre las lecturas de un científico y la formulación de una teoría importante. Pero el historiador conoce casos —es decir, tiene conocimiento narrativo— en que esto ha sucedido, y así considera que Darwin puede ser otro ejemplo parecido. La formación de una hipótesis historiográfica de este tipo surge entonces de un conocimiento "narrativo" previo, esto es, de la conciencia de que hay episodios particulares en los cuales la relación causal en cuestión se ha dado (p. ej., la lectura de Aristóteles por Aquí-

no, la lectura de Galeno por Descartes, o las lecturas de Lamarck por Lyell y de ambas por Spencer). El lector o lectora de la historia darwiniana en construcción tendrá también a su disposición un conocimiento narrativo comparable, y así será persuadido, si la narración es firme, de que la lectura de Malthus por Darwin tuvo consecuencias análogas. Así, el principio que podría confirmar el vínculo entre el acontecimiento antecedente y el acontecimiento principal no es una ley, y tampoco una generalización semejante a una ley. Es el conocimiento de los episodios narrativos previos que desfilan en gran número por su imaginación.

La razón principal para restar importancia a las leyes en las caracterizaciones narrativas es la particularidad de los acontecimientos. Solamente Darwin descubrió la selección natural y solamente una vez, si por selección natural entendemos aquellas ideas particulares registradas el 28 de septiembre de 1838 en su *Cuaderno D*. Los acontecimientos particulares desbordan siempre las leyes y las generalizaciones tópicas, las cuales, por tanto, no pueden dar una descripción de tales acontecimientos en su inmediatez narrativa. Cualquier invocación de una ley requiere una nueva descripción de los acontecimientos, de modo de convertirlos en fenómenos universales, repetibles; que es exactamente el tipo de cosas que los historiadores usualmente construyen sólo subsecuentemente. Por esa razón ninguna ley (o conjunto de leyes) podría hacer derivar lógica o convincentemente, digamos, el pasaje en el cuaderno de Darwin de su lectura particular de Malthus. Sin embargo, es la narración temporalizada (y no la deducción a partir de leyes) la que relaciona los acontecimientos antecedentes particulares con los acontecimientos principales particulares; la gramática de la narración hace que los varios acontecimientos antecedentes temporalmente vinculados aparezcan como productores del acontecimiento principal particularizado. Cuestionado acerca de si la lectura de Malthus tuvo algún efecto sobre Darwin, el historiador puede acudir al principio del conocimiento narrativo que he mencionado para justificar la narración (y tendría ciertamente que ofrecer también algunas otras razones, p. ej., que Darwin era el tipo de persona que sería susceptible a una lectura tal, que él mismo señaló a Malthus como la clave, etcétera).

En cada etapa de la construcción de una explicación narrativa (y en la apreciación que hace el lector de la fuerza de ésta), el relato ya establecido sirve como contexto para ordenar las causas ulteriores y para asegurar implícitamente cualesquiera generalizaciones o casos narrativos previos, que en sí mismos deben ser escogidos de entre una miríada. Las dimensiones causales y temporales que he descrito brevemente arriba proveen la base estructural sobre la cual se ordenan los elementos ulteriores del relato. Y a medida que se construye la narración ésta comprime

el tiempo de muchas maneras, así que las causas antecedentes, aunque quizás en la realidad sean remotas, se llevan cerca de los acontecimientos principales cuya explicación ellas ofrecen. Las variedades del tiempo narrativo contraen la proximidad hasta el punto en que la relación de *post hoc ergo propter* no es ya una falacia sino virtualmente el principio mismo de la explicación narrativa. El lector descubre las generalizaciones simples implicadas en el relato solamente después de que la gramática de la narración lleva a cabo su tarea, es decir, solamente después de que los acontecimientos antecedentes se perciben como conducentes hacia los acontecimientos principales. Las narraciones capturan los acontecimientos principales en redes causales que los fijan inevitablemente. Esta captura explica el acontecimiento, y atrapa de esta manera la aprobación del lector. Sólo más tarde podría el historiador, o el lector reflexivo, desenrollar la enorme cantidad de generalizaciones simples o casos análogos que justifican la explicación narrativa, si alguna necesidad hubiera. Los acontecimientos mismos son justificados, es decir, explicados, mediante la enredada madeja de los antecedentes y los consecuentes, amarrada con firmeza mediante la contracción del tiempo. Una narración bien lograda nos lleva en primer lugar a comprender que los acontecimientos principales ocurren en el tiempo con una necesidad ineludible. La contracción temporal y los nexos causales de la narración, el tejido de acontecimientos a la luz de los cuales podrían aducirse las generalizaciones y los casos similares es precisamente lo que hace falta en un anémico esbozo de explicación nomológico-deductiva.

Se podría suponer que aunque el modelo hempeliano es inadecuado para la historia y para la ciencia evolutiva aprehende, sin embargo, la esencia de la explicación en otras ciencias que tratan de explicar los acontecimientos en el tiempo. Pero yo creo que ese modelo fracasa incluso allí y que en el mejor de los casos solamente puede ofrecer esbozos narrativos. Para demostrar brevemente este fracaso, consideraré el ejemplo que Hempel usa para explicar su modelo de la explicación. En su ensayo "The Function of General Laws in History", plantea la siguiente como una explicación adecuada, en contraste con la cual pueden juzgarse las narraciones históricas inadecuadas:

Digamos que el acontecimiento a ser explicado consiste en la cuarteadura de un radiador de automóvil durante una noche fría. Las frases del grupo 1) pueden enunciar las siguientes condiciones iniciales y límites: el auto fue dejado en la calle toda la noche. Su radiador, hecho de hierro, estaba completamente lleno de agua, y la tapa fue atornillada firmemente. La temperatura durante la noche cayó desde los 39°F, en la tarde, hasta los 25°F, en la mañana; la presión del aire era normal. La temperatura de estallamiento del material del radiador es tal y tal. El grupo 2) contendría leyes empíricas tales como las si-

guientes: abajo de los 32°F, con una presión atmosférica normal, el agua se congela. Abajo de los 39.2°, la presión de la masa de agua aumenta con el descenso de la temperatura, si el volumen permanece constante o disminuye [...]. A partir de enunciados de estos dos tipos, la conclusión de que el radiador se agrietó durante la noche puede ser deducida por un razonamiento lógico; ha sido establecida una explicación del acontecimiento considerado. [Hempel [1942], 1965, p. 232.] •

Pueden hacerse dos observaciones acerca de esta explicación. En primer lugar, las condiciones antecedentes y las leyes están ahí estipuladas. Pero en las explicaciones reales, estos elementos del *explanans* deben ser construidos narrativamente, y su semejanza deben establecerse a partir de ello. Es decir, la tarea de la explicación es principalmente establecer los acontecimientos narrados que conducen al acontecimiento principal a ser explicado. Estos acontecimientos antecedentes deben entonces reducir las brechas temporales entre ellos mismos y el acontecimiento principal. Es el constreñimiento temporal —y ninguna deducción formal— lo que hace la explicación. Cuando mucho, la reconstrucción formal, poniendo en evidencia las leyes pertinentes, ayudaría (aunque por sí sola es insuficiente) en la justificación del relato. Segundo, Hempel supone que la “deducción” del acontecimiento *explanandum* (el radiador agrietado) es la explicación. Puede muy fácilmente, sin embargo, demostrarse que la “deducción” no es “la explicación”. Considérese lo que Hempel dejó fuera de su ejemplo (que es ahora mi ejemplo, a raíz de mi vida en Chicago). Él no menciona que el propietario del automóvil, un flamante Porsche, tenía una deuda con un prestamista. Más aun, algo a lo cual lo hace a uno sensible el ambiente de Chicago, que la puerta del pasajero tenía marcas de una barra de acero, y que el seguro que sujeta el cofre del motor había sido liberado; y, como esto dirige ahora nuestra atención hacia otros indicios de posibles causas antecedentes, encontramos también impactos marcados en el radiador. Ahora la verdadera explicación está clara. Inmediatamente después de que el automóvil fue estacionado frente a la casa del propietario, un fortachón llegó, abrió con la barra de acero la puerta del auto para liberar el seguro del cofre del motor y, mientras el radiador estaba aún a presión, lo golpeó con la misma barra e inmediatamente apareció una gran cuarteadura; de esta manera dejaba un mensaje acerca de la necesidad del pronto pago de las deudas. En otras palabras, los enunciados originales de Hempel acerca de las condiciones antecedentes o límites y las leyes bien podrían ser ciertos —y entonces el enunciado del acontecimiento podría ser *correctamente deducido*— a pesar de que el acontecimiento no sería *correctamente explicado*. Así, en las condiciones hempelianas, podríamos

tener una deducción correcta pero una explicación incorrecta, lo que es imposible lógicamente si la "deducción" es la "explicación".

Para que podamos ser convencidos de que el *explanans* hace ocurrir al *explanandum* debemos también ser persuadidos de que las condiciones límites propuestas son aquellas pertinentes. En situaciones artificiales, es decir, cuando un manual hempeliano nos pide simplemente aceptar lo adecuado de las condiciones límite y las leyes, podemos llegar a creer que la conexión deductiva entre el *explanans* y el *explanandum* es la que hace el truco. Las explicaciones al estilo hempeliano deben afirmar las leyes y las condiciones sin mostrar ni su pertinencia ni su valor de verdad. Nosotros quedamos convencidos por las magras explicaciones nomológico-deductivas solamente hasta el punto en que, como lectores, somos capaces de inyectarles sangre narrativa imaginando un relato que asegura tanto las condiciones pertinentes como las leyes apropiadas, un relato que tiene la característica esencial de sujetar temporalmente los acontecimientos antecedentes frente al acontecimiento a ser explicado.

La comprensión narrativa es comprensión causal: explicamos, y entonces comprendemos, un acontecimiento en relación con sus causas. Pero la comprensión narrativa fluye más allá de lo causalmente eficiente. Para comprender un acontecimiento, como sabía Aristóteles, hace falta también rastrear sus consecuencias: porque una cosa es aquello en lo que se convierte. Por consiguiente, para comprender los acontecimientos principales debemos, no solamente rastrear retrospectivamente sus causas eficientes, sino también seguir sus consecuencias, aquello en lo que ellos se convierten. Al construir una explicación narrativa debemos, lo querramos o no, comenzar en el presente. De manera que al desplazarnos hacia atrás, hacia el acontecimiento que deseamos explicar, retrocedemos simultáneamente a lo largo del camino que regresa del futuro. Luego, al contar el relato, el historiador irá más allá del acontecimiento principal para indicar, aunque sea atenuadamente, las consecuencias que emergen al ocurrir del acontecimiento principal. El historiador habrá de retratar el futuro de ese acontecimiento principal, que es realmente la huella que él ha seguido retrospectivamente a partir del momento presente. La narración aprehende los acontecimientos principales tanto por sus causas temporalmente antecedentes cuanto por sus efectos temporalmente consecuentes. El modelo nomológico no toma en cuenta las causas finales de Aristóteles.

A manera de resumen, permítaseme mencionar las diferencias fundamentales entre el modelo nomológico-deductivo y el modelo narrativo de la explicación.

1) La lógica de la construcción narrativa no puede separarse de la lógica de la explicación narrativa: la descripción del acontecimiento prin-

principal guía al historiador retrospectivamente a lo largo de las huellas de los posibles acontecimientos antecedentes, para así sujetar aquellos que podrían ser jalados hacia ese acontecimiento principal. La fijación de los acontecimientos antecedentes es la fijación de las causas explicativas, mientras que el trayecto desde el futuro (desde donde el historiador escribe) establece las causas finales, aquello en lo que habrán de convertirse los acontecimientos principales. Las frases narrativas empleadas dentro de las escenas y las conexiones entre las escenas aprehenden entonces los acontecimientos principales, en un tejido cuyas amarras anudan el pasado y el futuro de esos acontecimientos principales. El modelo nomológico-deductivo comienza estipulando los antecedentes y las leyes, no estableciéndolas en el trabajo mismo de la explicación, y ejecuta una *explicatio interrupta*, de donde no emergen consecuencias conceptuales.

2) A medida en que los acontecimientos antecedentes son tamizados y puestos en relación con los acontecimientos principales que ellos explican, se lleva una operación de pesaje. Los acontecimientos históricos, después de todo, obedecen a causas múltiples; de hecho, en un sentido, todos los acontecimientos anteriores al acontecimiento principal podrían ser causalmente relacionados con éste. Por eso el historiador debe escoger entre los acontecimientos antecedentes, con vistas a obtener el relato más convincente, más fuerte y más denso posible. Los acontecimientos deben ser sopesados y colocados dentro de la narración, de manera de proveer una fuerza narrativa diferencial. El modelo de Hempel ignora la exigencia de esa operación de pesaje.

3) El modelo hempeliano comienza con las causas antecedentes y las leyes pertinentes. El modelo narrativo establece los acontecimientos antecedentes, los sostiene y, mediante la guía de los acontecimientos principales y las contracciones temporales, trata de fijar su pertinencia. En la historia, en la biología y en las ciencias naturales, la explicación debe demostrar no cuales *podrían ser* las causas de ciertos acontecimientos, sino cuales *son* esas causas.

4) En la narración, la capacidad explicativa descansa en el vínculo temporal de los acontecimientos antecedentes con los acontecimientos principales. La yuxtaposición de esos acontecimientos antecedentes, en razón de la gramática de la explicación narrativa, hace que los acontecimientos principales sean comprensibles, razonables, e incluso inevitables. En el caso hempeliano, la que tiene la capacidad explicativa es la derivación lógica, no la derivación temporal. Sin embargo, para una derivación formal, lógica, las generalizaciones en forma de leyes deben ser explícitamente empleadas entre los elementos del *explanans*. En el modelo narrativo, los principios que pueden operar dentro de los límites

temporales de una narración parcialmente construida para sugerir direcciones para el rastreo de los acontecimientos antecedentes pertinentes (y consiguientemente para justificarlos como la causa de los acontecimientos principales) son principios del conocimiento narrativo, no leyes como las que conoce el filósofo de la ciencia. Y tales principios —u otras generalizaciones— serán usualmente utilizados, explícita y formalmente, *post hoc*, para justificar la narración.

#### EL ORIGEN DE LAS ESPECIES COMO UNA NARRACIÓN OPACA

He sostenido que *El origen de las especies* de Darwin, a pesar de las apariencias en contrario, es una narración opaca. Mi justificación es simplemente que si un trabajo presenta los elementos y la lógica de una narración, entonces es una narración. Yo creo que las características de la narración están tan presentes en *El origen*, digamos, como en *Finnegan's Wake* de Joyce; simplemente aceptamos como un hecho que un novelista escriba una novela narrativa. Darwin no es un novelista, así que la suposición de una forma narrativa no se nos presenta tan perentoriamente. *El origen de las especies* no es, desde luego, una narración obvia; es una narración opaca. Esto es así porque el acontecimiento principal —es decir, el origen y la proliferación de las especies en la naturaleza, desde aquellas pocas primeras formas en las que la vida surgió, hasta las interminables formas más bellas y maravillosas que cubren el globo— se encuentra revoloteando muy lejos de los acontecimientos inmediatos, imaginarios y reales, que aparecen en el primer plano del texto. Ese acontecimiento principal más remoto aparece en el horizonte de los pequeños episodios narrativos —los narremas, como los he llamado— y allí aguarda, surgiendo en primer plano más dramáticamente sólo en los párrafos conclusivos del libro. Mientras más remoto sea el acontecimiento principal, más opaca será, pues, la narración. En los esbozos explicativos ofrecidos por el patrón nomológico-deductivo, los acontecimientos principales pueden ser enfocados, pero la sustancia de la narración la debe proveer la imaginación del lector. En las narraciones opacas, la sustancia está allí, a menudo en abundancia, pero el acontecimiento principal, el principio organizador, permanece en la distancia.

En el capítulo conclusivo de *El origen de las especies*, Darwin reflexionaba brevemente sobre la profunda alteración que él había introducido en el estudio de la vida:

Cuando no miremos ya [meditaba] un ser orgánico del modo en que un salvaje mira un buque, como algo completamente fuera de su comprensión, cuan-

do consideremos cada producción de la naturaleza como algo que ha tenido una historia [...] ¡cuánto más interesante, hablo por experiencia, se volverá nuestro estudio! [Darwin, 1859, pp. 485-486.]

Darwin seguramente tenía razón.

#### AGRADECIMIENTOS

Desde la presentación original de este trabajo en el Field Museum Spring Systematics Symposium, he intentado persuadir a otros auditores recalitrantes. Agradezco en particular a los miembros del Departamento de Historia y Filosofía de la Ciencia de la Universidad de Cambridge, al Human Sciences Workshop de la Universidad de Chicago, y a George Reisch y Lawrence Rothfield por tratar de obligarme a reducir la oscuridad.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Berkhofer, R. (1989), "Narrative and the Structure of History", conferencia presentada en el History of Human Sciences Workshop, noviembre, Universidad de Chicago.
- Carr, E.H. (1961), *What is History?*, Nueva York, Vintage Books.
- Danto, A. (1965), *Analytical Philosophy of History*, Nueva York, Columbia University Press.
- Darwin, C. (1859), *On the Origin of Species*, Londres, Murray.
- [1869] (1959), *The Origin of Species by Charles Darwin: A Variorum Text*, M. Peckham (comp.), Filadelfia, University of Pennsylvania Press.
- (1909), *The Foundations of the Origin of Species: Two Essays Written in 1842 and 1844 by Charles Darwin*, F. Darwin (comp.) Cambridge University Press.
- (1975), *Charles Darwin's Natural Selection: Being the Second Part of his Big Species Book Written from 1856 to 1858*, R. C. Stauffer (comp.), Cambridge, Cambridge University Press.
- (1987), *Charles Darwin's Notebooks, 1836-1844*. P. Barrett et al. (comps.), Itaca: Cornell University Press.
- (1988), "Darwin's Reading Notebooks", appendix 4, en *The Correspondence of Charles Darwin*, vol. 4, pp. 1847-1850, F. Burkhardt et al. (comps.), Cambridge, Cambridge University Press.
- Hacking, I. (1983), *Representing and intervening*, Cambridge, Cambridge University Press.



- Hempel, C. [1942] (1965), "The Function of General Laws in History", en *Aspects of Scientific Explanation*, Nueva York, Free Press.
- Lakatos, I. (1978), *The Methodology of Scientific Research Programmes: Philosophical Papers of Imre Lakatos*, vol. 1., Cambridge, Cambridge University Press.
- Lyell, C. (1830-1833), *The Principles of Geology*, 3 vols., Londres, Murray.
- Mivart, St. G. J. (1871), *On the Genesis of Species*, Nueva York, Appleton.
- Paley, W. (s.f.), "Natural Theology", en *Works of William Paley*, D.D. Filadelfia, Woodward.
- Popper, K. (1974), "Darwinism as a Metaphysical Research Program", en *The Philosophy of Karl Popper*, P. Shilpp (comp.), La Salle, IL, Open Court.
- (1978), "Natural Selection and the Emergence of Mind", *Dialectica* 32, pp. 339-355.
- [1944] (1966), *The Poverty of Historicism*, 3era ed., Nueva York, Harper Torchbooks.
- Rawlings, H. (1981), *The Structure of Thucydides' History*, Princeton University Press, Princeton.
- Rudwick, M. (1985), *The Great Devonian Controversy*, University of Chicago Press, Chicago.
- Tucídides (1972), *History of the Peloponnesian War*, traducción al inglés de Rex Warner, Penguin Books, Nueva York.
- White, H. (1987), *The Content of the Form*, John Hopkins University Press, Baltimore.
- Wilkerson, L. (1990), *The Shift of Perspectives through the Six Editions of the Origin of Species* (tesis), University of Chicago.

### XIII. SUJETOS CENTRALES Y NARRACIONES HISTÓRICAS

DAVID HULL

La filosofía de la historia navega entre el Escila de los historiadores que no tienen paciencia con los filósofos y el Caribdis de los filósofos que no tienen experiencia en, o simpatía por, la historia.<sup>1</sup>

En lugar de negar que las culturas son entidades, se debería tratar de enfrentar el problema general preguntándose si en realidad es posible escribir una historia de algo sin presuponer que el objeto de la historia es una entidad de algún tipo que sufre cambios.<sup>2</sup>

A PRIMERA VISTA, los cambios que necesita la filosofía contemporánea de la ciencia para dar cabida a las intuiciones de los historiadores acerca de la historiografía son tan grandes como aquellos que requería la ciencia aristotélica ante la sugerencia de Copérnico de que era el Sol, y no la Tierra, el que ocupaba el centro del Universo. Si era el fuego en lugar de la Tierra el que ocupaba el centro del Universo, entonces el entero sistema aristotélico de los cuatro elementos, humores y principios polares, tenía que descartarse o si no, modificarse hasta lo irreconocible, y todo esto solamente para eliminar algunos epiciclos de la astronomía predictiva.<sup>3</sup> Como podría esperarse, los filósofos de la ciencia contemporáneos no están más ansiosos por desechar todo su análisis de la ciencia solamente para dar cabida a las intuiciones de los historiadores, de lo que lo estaban los científicos del siglo XVI por abandonar toda la ciencia aristotélica solamente para eliminar algunos epiciclos. Así, los filósofos se han

<sup>1</sup> Bruce Mazlish, "On Rational Explanation in History", en *Philosophy and History*, ed. Sidney Hook, New York University Press, Nueva York, 1963, p. 275.

<sup>2</sup> Haskell Fain, *Between Philosophy and History*, Princeton University Press, Princeton, 1970, p. 44.

<sup>3</sup> Para evitar confusiones deben aclararse dos cosas respecto a la analogía precedente. Primero, tanto Tolomeo como Copérnico usaron los epiciclos en sus sistemas; las predicciones pueden hacerse en el sistema copernicano con una precisión igual a la del tolomeico, pero utilizando menos epiciclos. Sin embargo, este incremento de la sencillez probablemente no desempeñó un papel muy importante en la conversión de los científicos al sistema copernicano.

visto forzados a argumentar o que las narraciones históricas no atañen a secuencias únicas de eventos, o que ellas no son explicativas.

En este trabajo trataré de mostrar que el aparente conflicto entre la historia y la filosofía de la ciencia no es tan grave como puede parecer. Si las narraciones históricas se ven como descripciones de entidades históricas tal como éstas perduran en el tiempo, entonces el análisis de la ciencia comúnmente aceptado no necesita ser modificado para poder mostrar la unidad evidente en las narraciones históricas. Esta unidad proviene no tanto de las conexiones entre los acontecimientos relatados cuanto de la unidad y la continuidad de las entidades históricas. Cada entidad histórica es única en sí y por sí misma, pero las entidades de este tipo no son peculiares de la historia.

Aunque la posición que describo en este trabajo ha sido expresada más claramente por los historiadores de la historia humana, la mayoría de mis ejemplos están tomados de otras disciplinas históricas. La explicación para este énfasis es en parte inherente a la posición que sostengo, en parte una cuestión del estilo de la exposición. La historia humana difiere de otras disciplinas históricas tales como la cosmogonía, la geología, y la paleontología en varios aspectos importantes. Por ejemplo, en la historia humana los fines, ambiciones, creencias, etc. de los individuos son extremadamente importantes. En la paleontología, no tienen importancia excepto en relación con la evolución humana. En la cosmogonía y la geología no tienen consecuencia alguna. Para los propósitos de este trabajo tiene mayor importancia el hecho de que nuestras teorías científicas actuales acerca de las acciones humanas y del desarrollo de las sociedades son relativamente débiles y están formuladas precariamente comparadas con aquellas que conciernen a la evolución de las especies biológicas, el desarrollo de la Tierra, y la formación del Universo como un todo. Las distinciones que establezco en este trabajo, aunque son aplicables a todas las disciplinas históricas, pueden ser vistas más claramente en aquellas disciplinas que poseen teorías científicas altamente desarrolladas. Pero la razón más importante que tengo para extender el alcance de mi exposición a todas las ciencias históricas es que la aplicabilidad general del análisis aquí presentado es el argumento más fuerte a su favor. Creo que no es un accidente que quienes trabajan en campos tan diferentes como la biología evolutiva, la lógica modal y la historia humana, hayan convergido en una posición común con respecto al papel de las entidades históricas en la ciencia.

## LOS SUJETOS CENTRALES COMO ENTIDADES HISTÓRICAS

Los historiadores comparten casi unánimemente la opinión de que la producción de narraciones históricas desempeña un papel central en la historiografía. Desde luego, los historiadores hacen muchas cosas más que solamente narrar secuencias únicas de acontecimientos. Cuando las circunstancias así lo piden, ellos ofrecen lo que puede llamarse historias transversales, en las cuales las numerosas facetas de un único periodo están interrelacionadas. Algunos incluso tratan de formular y ensayar varias leyes históricas, aunque este tipo de historia no está actualmente de moda.<sup>4</sup> Pero, como Glenn Morrow observaba: "Solamente con la narración surgen los problemas filosóficos peculiares de la investigación histórica". Solamente cuando un suceso es "considerado como un término en una secuencia de acontecimientos, una secuencia que se considera como dotada de algún tipo de unidad a través del tiempo, que surgen los problemas lógicos peculiares de la historia".<sup>5</sup> El principal tipo de continuidad y unidad considerada hasta ahora por los filósofos para las narraciones históricas ha sido causal. Los eventos anteriores en las secuencias históricas causan los eventos posteriores. Por tanto, una narración histórica es adecuada hasta el punto en que ofrece las causas suficientes para producir los eventos subsiguientes. Puesto que las narraciones históricas rara vez logran proveer tales condiciones suficientes, sistemáticamente los filósofos las consideran deficientes.<sup>6</sup> Pero los filósofos, al avanzar este juicio, sistemáticamente han ignorado el papel que desempeñan en la historia los sujetos centrales como entidades históricas.

La noción de los sujetos centrales es crucial para la estructura lógica de las narraciones históricas.<sup>7</sup> Suponiendo por el momento que la historia puede analizarse completamente dentro de un conjunto simple de

<sup>4</sup> Louis O Mink, "The Divergence of History and Sociology in Recent Philosophy of History", en *Proceedings of the Fourth International Congress for Logic, Methodology and Philosophy of Science*, P. Suppes et al., Elsevier Publishing Company, Nueva York, 1973, pp. 725-742.

<sup>5</sup> Glenn Morrow, "Comments on White's Logic of Historical Narration", en *Philosophy and History*, Hook (comp.), New York University Press, 1963, p. 286.

<sup>6</sup> Sin embargo, algunos filósofos e historiadores han cuestionado el análisis usual de la causación en términos de las condiciones suficientes. Ellos alegan que a veces las causas son condiciones necesarias. En otros casos, las causas no son condiciones ni necesarias ni suficientes para los acontecimientos que se dice que causan. Véase W. B. Gallie, "Explanation in History and the Genetic Sciences", *Mind* 64 (1955), pp. 160-180, reimpresso en *Theories of History*, P. Gardiner y Glencoe, Ill., The Free Press, 1959, pp. 386-402; Michael Scriven, "Explanation and the Prediction in Evolutionary Theory". *Science* 130 (1959), pp. 477-481.

<sup>7</sup> Morton White, "The Logic of Historical Narration", en *Philosophy and History*, Hook (comp.), New York University Press, Nueva York, 1963, p. 4.

elementos atomísticos, existe un número ilimitado de maneras en las que estos elementos pueden ser organizados en secuencias históricas. El papel del sujeto central es formar la hebra principal alrededor de la cual se teje la narración histórica. En el pasado, numerosas clases diferentes de entidades han servido como sujetos centrales de la historia: pueblos individuales, linajes, naciones, movimientos sociales e incluso ideas. La característica importante de los sujetos centrales es que, desde el punto de vista de la narración histórica asociada con ellos, son *individuos*. La identidad y la continuidad de tales individuos puede y debe ser determinada independientemente de los eventos que conforman la narración. Los sujetos centrales proporcionan la unidad y la continuidad básicas de la narración histórica. Cualquier unidad y continuidad adicional provista por la narración es no solamente secundaria respecto a la más fundamental unidad y continuidad del sujeto central, sino derivada de éste.

"Individuo", como se usa aquí, es un término técnico de la filosofía. Un individuo es un particular, una cosa denotada por su nombre y nada más. Por ejemplo, "Moisés" denota un hombre particular. Aunque hay varios sentidos en que puede decirse que "Moisés" tiene significado; no lo tiene de la manera en que términos como "oro", "amor" e "imagen" lo tienen. Pero los sujetos centrales no son solamente individuos, son también entidades históricas. Inicialmente, la noción de una entidad histórica parece suficientemente clara. Una entidad histórica no es solamente una entidad que existe en el tiempo. Es una entidad coherente y unitaria que, o persiste sin cambios o se desarrolla continuamente a través del tiempo. En cada momento particular, las partes de una entidad histórica están interrelacionadas por una variedad de relaciones, entre las cuales deben estar la proximidad espacial y la contigüidad, aunque sea intermitente. Las partes de una entidad histórica también deben relacionarse de tal manera que la entidad exista continuamente a través del tiempo. Pero en cualquier caso, para que una entidad histórica siga siendo la misma entidad, no se necesita ningún grado de semejanza entre las etapas tempranas y tardías de su desarrollo, hasta donde este desarrollo es espacial y temporalmente continuo. Por ejemplo, tanto Moisés como el Big Ben son casos muy nítidos de entidades históricas. Pocos, si alguno, de los rasgos que caracterizaban a Moisés cuando fue descubierto por la hija del faraón entre los juncos lo caracterizaban también cuando condujo a los israelitas fuera de Egipto o cuando murió a la vista de la Tierra prometida. Sin embargo, él siguió siendo el mismo individuo a través de todos esos cambios. El Big Ben ha cambiado muy poco desde que fue echado a andar por primera vez, pero esta falta de cambios no es la razón por la que sigue siendo el mismo individuo. Como toda entidad histórica, sigue siendo el mismo individuo en razón de su continuidad

espacio-temporal. Por supuesto, las entidades históricas se caracterizan también por numerosas relaciones adicionales, pero estas relaciones varían de un ejemplo a otro.

Los organismos vivientes son casos paradigmáticos de entidades históricas. Por ejemplo, Moisés nació, fue nombrado, vivió, murió y fue enterrado. Es la continuidad, eslabón por eslabón, del cuerpo de Moisés (y hasta cierto punto de su mente) lo que hace de él un individuo *singular* y el *mismo* individuo a través del tiempo, y no algún conjunto de rasgos esenciales que él supuestamente posee. Moisés no tiene esencia. A lo largo de cierto periodo de años, todas las células de su cuerpo pueden ser reemplazadas y todavía seguiría siendo Moisés. (De hecho, las células del cerebro no son reemplazadas de la manera en que lo son otras células.) Su personalidad podría sufrir considerables modificaciones, y seguiría siendo Moisés. (Desde luego, metafóricamente hablando, ninguno de nosotros es la misma persona que fue, sea psicológica o mentalmente.) Un partidario del esencialismo podría argumentar que es el genoma de Moisés el que provee su esencia inmutable, eterna, pero la constitución genética de los organismos no es ni inmutable ni eterna. En el proceso de autorreproducción de las células siempre ocurren errores. Aún si una persona fuera afectada por la radioactividad y su genoma se viera muy alterado, seguiría siendo la misma persona y no se convertiría en alguien más.

La noción de una entidad histórica se vuelve menos intuitivamente clara cuando se extiende hasta incluir linajes, movimientos sociales y cosas por el estilo. Puede parecer un poco forzado tratar a las naciones como individuos que existen continuamente, aunque quizá cambiando gradualmente, a través del tiempo. Con el objeto de aclarar la situación y para mostrar la aplicabilidad general del análisis propuesto en este trabajo, he escogido un ejemplo tomado de un área científica altamente estructurada para explicar con algún detalle la relación entre los organismos individuales y las especies particulares. Desde el punto de vista de la percepción humana, los organismos son individuos, las especies no. Desde tiempo inmemorial, los lógicos han tratado a los organismos y a las especies de organismos como dos tipos de cosas muy diferentes. Con el advenimiento de la lógica moderna, esta distinción ha sido expresada como relación de clase y miembro. Los organismos son individuos y sus nombres son nombres propios; las especies son clases y sus nombres son nombres comunes que se definen en términos de sus rasgos esenciales. Por ejemplo *Cygnus olor* podría ser definido como un ave acuática blanca y grande con un cuello largo y cuya llamada es un graznido ronco. Cualquier ave que exista en cualquier lugar y en cualquier momento y que cumpla con estos requisitos contaría como un cisne, sin que impor-

te su linaje. Inversamente, cualquier ave a la que falten cualesquiera de estos requisitos no contaría como cisne, sin que importe su linaje.

Desde que se aceptó la teoría de la evolución, los biólogos han protestado, con razón, contra la aplicación de esta concepción de la definición para los nombres de las especies biológicas, pero los filósofos han sido lentos para apreciar sus quejas. Los biólogos han alegado que en cualquier momento dado existen muchas especies bien definidas que no pueden ser caracterizadas mediante un conjunto único de rasgos esenciales. Cuando las especies son proyectadas hacia atrás en el tiempo, la dificultad para distinguirlas mediante conjuntos de rasgos esenciales no hace sino aumentar. Si las especies son consideradas como linajes temporalmente extendidos, entonces rara vez puede encontrarse un conjunto de rasgos que divida tales linajes en especies de alguna manera razonable. En vista de tales hechos empíricos, varios filósofos han concluido que los nombres de las especies (así como todos los taxones) deben ser tratados como conceptos agrupantes, definibles por conjuntos alternativos de rasgos con peso desigual.<sup>8</sup> Aunque esta idea representa un paso en la dirección correcta no hace, sin embargo, justicia a la situación en la biología. Desde 1966, Michael Ghiselin sugirió que las especies como linajes en desarrollo fueran vistas no como clases sino como individuos:

Pero dejando de lado el problema del ordenamiento, podemos observar que Darwin había propuesto una solución radical a la pregunta tradicional sobre la "realidad" de los grupos taxonómicos. Lo "real" es el nexa genealógico, y los grupos, o taxones, son trozos por decirlo así, de este nexa. Como consecuencia, se hizo posible para un nominalista (y Darwin tenía algo de nominalista) considerar los taxones no como universales sino como particulares o individuos.<sup>9</sup>

Como las especies son individuos, no hay sino una sola manera rigurosa de definir sus nombres: ostensiblemente, de una forma análoga al bautismo. Por tanto, debería ahora ser obvio que, incluso algunos de los lógicos que han expuesto extensamente sobre la lógica de la clasificación, no han logrado captar uno de los puntos fundamentales: el nombre de una especie es un nombre propio.<sup>10</sup>

<sup>8</sup> Morton Beckner, *The Biological Way of Thought*, Nueva York, Columbia University Press, 1959. David L. Hull, "The Effect of Essentialism on Taxonomy", en *The British Journal for the Philosophy of Science* 15 (1965), pp. 314-326; y 16 (1966), pp. 1-18. Estos ensayos sostienen que los nombres de las especies particulares son conceptos agrupantes definibles mediante la covariación estadística de sus propiedades morfológicas. Douglas Gasking, "Clusters", *The Australian Review of Psychology* 38 (1960), pp. 1-36, sostiene que los nombres de las especies particulares deberían definirse en términos de una relación serial, una noción que se aproxima a las que se sugieren en este trabajo.

<sup>9</sup> Michael Ghiselin, *The Triumph of the Darwinian Method*, University of California Press, Berkeley y Los Angeles, 1969, p. 85.

<sup>10</sup> Michael Ghiselin, "On Psychologism in the Logic of Taxonomic Principles," *Sistema-*

Para cualquiera que haya sido educado ya sea en la lógica tradicional o en las reformulaciones basadas en el trabajo de Ludwig Wittgenstein, las propuestas de Ghiselin suenan a poco menos que chifladura. De acuerdo con la lógica tradicional, "Moisés" es un nombre propio carente de cualquier definición verbal. Denota un individuo particular, y eso es todo. Desde este mismo punto de vista, "cisne" es un nombre común que denota una clase de pájaros y que es definible mediante un conjunto de características esenciales. Mientras mantenía la ontología tradicional, Wittgenstein<sup>11</sup> argumentaba que tanto los nombres propios como los nombres comunes eran definibles, pero solamente como conceptos agrupantes. Moisés era la persona que hizo bastantes de las cosas más importantes que se supone que Moisés había hecho. Los cisnes son aquellas aves que tienen bastantes de los más importantes rasgos característicos de los cisnes. En vista de ello, la pretensión de que "Moisés" es un concepto agrupante es implausible. Moisés era el individuo que era llamado Moisés, y eso es todo. Si Moisés no hubiera sido encontrado entre los juncos por la hija del faraón sino hubiera sido su hijo ilegítimo, habría sido aún Moisés. Shakespeare seguiría siendo Shakespeare aún si Francis Bacon hubiera hecho casi todas las cosas que usualmente se le atribuyen a aquél.

Pero suena igualmente extraño decir que "cisne" es un nombre propio que denota una especie biológica particular. Sin embargo, varios lógicos han argumentado precisamente esto.<sup>12</sup> Ellos pretenden que ni los nombres de organismos individuales ni los nombres de especies particulares son conceptos agrupantes; son nombres propios introducidos mediante un acta bautismal y pasados de persona a persona en una cadena que preserva las referencias de eslabón en eslabón. Como en efecto sucede, los análisis ofrecidos por estos lógicos encajan perfectamente con la situa-

*tic Zoology* 15 (1966), p. 209. John R. Gregg interpreta las especies como clases aunque dos diferentes taxonomistas que leyeron una versión anterior de su trabajo sostenían que "las especies están compuestas de organismos de la misma manera que los organismos están compuestos de células; de acuerdo con este argumento una especie es una cosa espacio-temporal, tan concreta como un organismo individual"; véase su "Taxonomy, Language and Reality", *American Naturalist* 84 (1950), p. 425. Roger Buck y David L. Hull continúan ignorando la posibilidad de interpretar las especies como individuos en su "The Structure of the Linnaean Hierarchy", *Systematic Zoology* 15 (1966), pp. 97-111.

<sup>11</sup> Ludwig Wittgenstein, *Philosophical Investigations*. Nueva York, Macmillan, 1953.

<sup>12</sup> Saul Kripke, "Naming and Necessity", en *Semantics and Natural Language*, D. Davidson y G. Harman, Dordrecht, D. Reidel, 1972, pp. 253-355. Sin embargo, Kripke trata como designadores estrictos no solamente los nombres de los individuos de sentido común y las especies biológicas, sino también muchos otros tipos de términos como "oro" y "metro". Yo creo que los nombres de las entidades históricas pueden ser tratados como designadores estrictos; pero dudo que los análisis de Kripke puedan ser extendidos tanto como Kripke los [estira].



ción en biología. Los taxónomos describen las nuevas especies que descubren. Ellos no ofrecen conjuntos rígidos de rasgos esenciales que todos los organismos deben tener para pertenecer a una especie particular. A cualquier organismo puede faltarle uno o más de los rasgos enumerados en la descripción de la especie y pertenecer aún a esa especie. De hecho, a un organismo podría incluso faltarle uno de sus rasgos genéricos y pertenecer aún a una especie de ese género.<sup>13</sup> En cambio, un organismo se selecciona como un espécimen-tipo. Como tal, no necesita ser de ninguna manera típico de su especie. Más bien es una parte de su especie, y cualquier organismo relacionado con él mediante el nexo ancestro-descendiente apropiado es también parte de esa especie.

Para nuestros propósitos, lo importante es que los rasgos enumerados en una descripción de especie no *definen* la especie que ellos caracterizan. Las especies son tanto totalidades espacio-temporales como organismos individuales. No es por accidente que los nombres de los organismos y las especies han sido los mejores ejemplos hasta la fecha de conceptos agrupantes. Tanto los organismos como las especies son entidades históricas. Los rasgos característicos de ellos agrupan *porque* son característicos de entidades históricas. Las especies pueden no *parecer* individuos al hombre de la calle (y para nuestros propósitos esto incluye a los lógicos), pero desde el punto de vista de la biología contemporánea, son precisamente eso. Así, las especies evolutivas podrían servir como sujetos centrales en las narraciones históricas, y así lo hacen. La paleontología es la ciencia histórica que teje narraciones históricas alrededor de las especies evolutivas. De manera semejante, muchas clases de sentido común en otras áreas pueden ser conceptualizadas provechosamente como entidades históricas, específicamente los sujetos centrales de la historia humana. El protestantismo podría no parecerse mucho a un individuo, pero si va a desempeñar la función de un sujeto central, debe ser interpretado como tal. Como Herbert Butterfield observa en esta crítica de la interpretación conservadora presentista de la historia: "A veces parecería que consideramos el protestantismo como una cosa; un objeto fijo y definido que comenzó a existir en 1517..."<sup>14</sup> El protestantismo no tiene seguramente límites fijos y definidos pero *es* una cosa, una entidad histórica.

En las discusiones precedentes he jugado al estira y afloja con nuestras maneras ordinarias de conceptualizar el mundo de nuestra experiencia. Para los ejemplos biológicos, la justificación es más que amplia.

<sup>13</sup> H. B. Stenzel, "A Generic Character, Can It Be Lacking in Individuals of the Species in a Given Genus?", *Systematic Zoology* 12 (1963), pp. 118-121.

<sup>14</sup> H. Butterfield, *The Whig Interpretation of History*, Londres, G. Bell and Sons, 1931, p. 51.

Lo es menos para los ejemplos tomados de la historia humana. Pero en cualquiera de los dos casos, si no son tomadas en cuenta las distancias necesarias con el uso ordinario, puede resultar una seria confusión. Por ejemplo, comúnmente decimos de un organismo individual que es un "miembro" de su especie, cuando no lo es. Más bien es una parte de su especie. Más aún, aun a pesar de que el nombre de una entidad histórica se aplica a ella a través de su existencia, usualmente utilizamos tales nombres como si se aplicaran a la entidad solamente en el espacio del presente. Por ejemplo, cuando decimos que Moisés deambuló en el Sinaí, no podemos estar refiriéndonos a Moisés como una entidad extendida espacio-temporalmente. Como tal, no se puede decir de Moisés que se mueve o no se mueve. En tanto que en un túnel espacio-temporal de cuatro dimensiones, solamente él es. El Moisés que se mueve es una parte momentánea de este túnel espacio-temporal. Para complicar aún más las cosas, las partes de Moisés como una entidad histórica son ellas mismas entidades históricas.<sup>15</sup> Exactamente la misma historia puede contarse para los nombres de las especies como linajes evolutivos. *Cygnus olor* se aplica tanto al linaje extendido espacio-temporalmente cuanto a una rebanada temporal de ese linaje.

#### EL PAPEL DE LOS SUJETOS CENTRALES EN LA HISTORIA

Morton White<sup>16</sup> arguye que la relación de causa-efecto integra los eventos asociados con un tema central en una narración histórica. Maurice Mandelbaum contraargumenta diciendo que la relación parte-todo desempeña también un papel:

Lo que deseo subrayar, y sobre lo que quiero insistir, es el hecho de que la existencia de un tema central constituye una de las formas de enlazarse entre los eventos que entran en cualquier historia particular, y el Profesor White no deja claro este hecho. En su discusión del enlace explicativo entre las varias explicaciones presentes en un relato histórico, el profesor White ha enfatizado el enlace secuencial, causal, entre un hecho afirmado y el siguiente, pero no menciona explícitamente otra forma de enlace: la que une los hechos afirmados dentro de una historia porque ellos tienen en común la propiedad de ser partes o aspectos de aquel que es el sujeto central de la historia.<sup>17</sup>

<sup>15</sup> N. L. Wilson, "Space, Time, and Individuals", *The Journal of Philosophy* 52 (1955), pp. 589-598.

<sup>16</sup> Morton White, "The Logic of Historical Narration", *op. cit.*, p. 8.

<sup>17</sup> Maurice Mandelbaum, "Objectivism in History", en *Philosophy and History*, Hook (comp.), New York University Press, Nueva York, 1963, p. 46.

El mensaje del párrafo precedente es que en las narraciones históricas se implican dos tipos de enlace: uno es la relación de causa-efecto que conecta los sucesos asociados con la entidad histórica, el otro es la relación parte-todo que integra el tema central dentro de una única entidad histórica. Pero Mandelbaum no señala los diferentes papeles que desempeñan estas dos relaciones en las narraciones históricas. Cualquiera que haya leído alguna vez alguna historia, se da cuenta de que las narraciones históricas parecen poseer una unidad mucho mayor que aquella justificada por las leyes causales que se podrían obtener conectando los varios incidentes mencionados. Por ejemplo, Napoleón tomó una serie completa de decisiones militares, políticas, y personales durante el curso de su vida. Todos estos acontecimientos pertenecen a la misma narración no porque los generales exitosos tiendan a convertirse en líderes políticos o porque los hombres de poca estatura frecuentemente sobrecompensen a causa de sus sentimientos de inferioridad, sino porque una sola persona tomó todas estas decisiones. No se necesita plantear una teoría sociológica o psicológica muy elaborada para reidentificar a Napoleón a través de su existencia.

Sin embargo, para que los sujetos centrales desempeñen el papel integrador que desempeñan en las narraciones históricas, se debe distinguir cuidadosamente entre aquellas propiedades que hacen de un individuo y aquellas propiedades asociadas con ese individuo. La distinción no debe hacerse entre esencia y accidente, entre esas propiedades que Napoleón debe tener para ser Napoleón y aquellas propiedades que simplemente sucede que tiene. La distinción debe hacerse, más bien, entre esas relaciones, incluyendo la unidad y la continuidad espacio-temporal, que integran el sujeto central en una entidad histórica, y las otras propiedades que el individuo tiene y los eventos en los que participa. Se debe también distinguir muy cuidadosamente entre aquellos criterios mediante los cuales uno decide cuando un individuo es un *solo* individuo y el mismo individuo a través del tiempo, y aquellos criterios mediante los cuales se decide cuándo dos individuos pertenecen al mismo *tipo* o cuándo un individuo cambia de *tipo*. Por ejemplo, un átomo es un átomo y no una molécula o un ión porque está compuesto de un solo núcleo y el número apropiado de electrones, cualquiera que este número pueda ser. Dos átomos son dos átomos del mismo *tipo* y no uno, porque ellos ocupan diferentes lugares al mismo tiempo. Dos diferentes rebanadas de tiempo de un átomo individual son rebanadas de tiempo del mismo átomo porque ellas pueden ser conectadas continuamente en el tiempo. Si no pueden serlo, entonces no son el mismo átomo. Sin embargo, dos átomos son átomos del mismo tipo porque tienen la misma estructura. La génesis es irrelevante. No importa que un átomo de oro provenga de

un átomo de plomo y otro de un átomo de platino. Si ambos tienen un número atómico de 79, entonces ellos son oro. Un sólo átomo o una muestra de oro es un individuo; el oro como clase de los átomos de oro no lo es.<sup>18</sup>

Un relato semejante podría hacerse sobre los organismos individuales y las especies de las que ellos son parte. La división mitótica de las células es el mecanismo más común mediante el cual las etapas sucesivas en la evolución de un organismo se integran en un individuo. La producción de una descendencia es el mecanismo mediante el cual las etapas sucesivas en la evolución de una especie se integran en un individuo. Que un cisne particular tenga plumas o rapte a una mujer llamada Leda no tiene que ver con su ser un individuo, un sólo individuo y el mismo individuo a través del tiempo. De manera similar, el hecho de que la mayoría de los cisnes tengan plumas blancas y pies palmados no tiene que ver con que el *Cygnus olor* sea un individuo evolutivo, un sólo individuo, y el mismo individuo a través del tiempo. Un átomo de plomo que se transmuta en un átomo de oro sigue siendo el mismo individuo, aunque no el mismo tipo de individuo. Un organismo, a medida que recorre su ciclo vital, sigue siendo el mismo individuo aunque su organización total, tanto interna como externa, pueda cambiar considerablemente. Una especie que evoluciona [y se convierte en otra] sigue siendo el mismo individuo, aunque no el mismo tipo de individuo. Tales individuos son entidades históricas porque se incluyen, entre los criterios para su identidad la continuidad en el espacio y la continuidad en el tiempo. Las clases de tales individuos no son entidades históricas porque les falta tal criterio. En este análisis, los átomos, genes, organismos, especies biológicas y sociedades particulares son entidades históricas; las clases tales como el oro, los genes que producen el albinismo, los organismos neutros, las especies dominantes y las sociedades industriales, no lo son.

<sup>18</sup> Ruth Barcan Marcus, "Essential Attribution", *Journal of Philosophy* 68 (1971), p. 202. Ruth Barcan Marcus borra la distinción entre el ser un individuo el mismo individuo y su ser el mismo tipo de individuo, cuando dice que no reidentificaríamos una muestra de oro "como la misma cosa" si fuera transmutado en plomo. Yo creo que no. Seguramente lo reidentificaríamos como la misma muestra pero no el mismo tipo. Sin embargo, la noción de [genoidentidad] presupuesta a lo largo de ese trabajo no está exenta de dificultades; por ejemplo, ¿cuántas partes de un individuo pueden ser reemplazadas, y cuán rápidamente, antes de que deje de ser el mismo individuo y en qué sentido de sí "mismo"? Si durante un período de años un hombre fuera a reemplazar las partes usadas de un automóvil, tenderíamos a decir que éste es el mismo automóvil, aún si todas las partes hubieran sido reemplazadas. Sin embargo, ¿qué pasaría si el hombre hubiera guardado todas las partes usadas y rearmado el automóvil original? Se me ocurre que tales preguntas no pueden responderse en el contexto del lenguaje ordinario. Sin embargo, pueden serlo en el contexto de teorías científicas bien formuladas.

Una consecuencia de este análisis es que los nombres de las entidades históricas no pueden funcionar dentro de las leyes científicas, porque les falta la generalidad requerida. Contando a Moisés, Napoleón, el Big Ben, el *Cygnus olor*, y los Estados Unidos como entidades históricas, se puede usar la unidad y la continuidad espacio temporal inherentes a ellos para ayudarse en la construcción de narraciones históricas. Haciéndolo así, se vuelve automáticamente imposible para cualquiera de estos términos aparecer dentro de las leyes científicas, dado el análisis tradicional de las leyes científicas.<sup>19</sup> Si las leyes científicas no pueden estar restringidas espacio-temporalmente y las entidades históricas se definen en términos de unidad y continuidad espacio-temporal, entonces las dos nociones son claramente incompatibles. Si el nombre de una entidad histórica aparece en una ley científica, debe hacerlo sólo incidentalmente (como en la referencia de Kepler al Sol en sus leyes). Desde luego, las entidades históricas pueden ser ejemplos de varios tipos naturales. Por ejemplo, *Homo sapiens* es un ejemplo de especie dominante, Estados Unidos es un ejemplo de un poder mundial, y Napoleón es un ejemplo de un líder carismático. Así, si "especie dominante", "poder mundial", y "líder carismático" funcionan en cualesquiera leyes científicas significativas, los enunciados acerca de las entidades históricas particulares pueden derivarse de estas leyes, pero los nombres de las entidades históricas mismas no aparecerán en estas leyes.

Aunque esta manera particular de conceptualizar el papel de los temas centrales en la historia es compatible con las categorías lógicas actuales y con las intuiciones de los historiadores, todavía quedan algunos problemas. ¿Qué tipos de entidades pueden propiamente servir como temas centrales, las unidades narrativas de la historia humana? ¿Cuáles son los principios de unidad que vinculan entre sí las etapas sucesivas de un individuo, que las hace etapas sucesivas en el curso de un tema? ¿Mediante qué criterios puede decidirse que un incidente dado pertenece a, o es solicitado por una narración dada?<sup>20</sup> Cuando el tema central de una narración histórica es un ser humano individual, el principio de unidad que vincula entre sí las etapas sucesivas de ese individuo es sufi-

<sup>19</sup> Por supuesto, siempre existe la posibilidad de cuestionar el análisis tradicional de las leyes científicas como generalizaciones espacio-temporalmente irrestrictas, una alternativa que alteraría radicalmente nuestra concepción admitida de la ciencia. A la inversa, también se podría relajar la exigencia espacio-temporal para las entidades históricas. Quizá la mayoría de las entidades históricas están integradas por relaciones que presuponen la unidad y la continuidad espacio-temporal; pero posiblemente algunas no. Véase más adelante la discusión en este trabajo.

<sup>20</sup> Morrow, "Comments on White's Logic of Historical Narration", *op. cit.*, p. 289; Mink, "The Divergence"..., p. 735.

cientemente evidente pero, como ha señalado Haskell Fain,<sup>21</sup> cuando el tema central es algo así como Francia durante la Revolución francesa, la decisión acerca de las unidades narrativas apropiadas y los principios que las integran no es tan fácil.

Si sirve de algo, el historiador puede consolarse sabiendo que no es el único que tiene que enfrentar esas preguntas tan difíciles. Estas son precisamente las mismas preguntas que los biólogos se hacen actualmente acerca de sus temas centrales. ¿Cuáles son las unidades de la competencia y la selección natural? ¿Son genes, cromosomas, organismos, colonias o quizá son unidades más inclusivas? ¿Cuáles son las unidades de la evolución? Los genes mutan, los organismos se reproducen a sí mismos, las unidades más inclusivas que los organismos evolucionan, pero ¿cómo se interrelacionan estos niveles de organización? Normalmente la competencia tiene lugar entre organismos individuales, pero cuando una colonia llega a estar suficientemente bien integrada, se convierte en una unidad de selección.<sup>22</sup> Cuando una sociedad llega a estar suficientemente bien integrada, ella "puede igualmente bien ser considerada como un superorganismo o incluso como un organismo".<sup>23</sup> "Una especie, como una raza, un género o una familia, es un concepto grupal y una categoría en la clasificación. Una especie es, sin embargo, también algo más: es un sistema biológico supraindividual, cuya perpetuación de generación en generación depende de los nexos reproductivos entre sus miembros".<sup>24</sup>

#### EL PAPEL DE LAS TEORÍAS CIENTÍFICAS EN LA HISTORIOGRAFÍA

El papel de las leyes y teorías científicas ha sido extensamente discutido en la literatura historiográfica, principalmente desde el punto de vista de su papel en la explicación. Pero no todos los papeles que las teorías científicas pueden desempeñar en la ciencia están tan estrechamente vinculados a la explicación. De éstos, hay dos que son pertinentes para las cuestiones planteadas en este trabajo: el uso de las teorías científicas para reconstruir eventos pasados, una actividad conceptualmente distinta de la explicación de estos sucesos, y el papel de las teorías en la de-

<sup>21</sup> Fain, *Between Philosophy...*, p. 236.

<sup>22</sup> Thomas J. M. Schopf, "Ergonomics or Polymorphism, Its Relation to the Colony as the Unit of Natural Selection in Species of the Phylum Ectoprocta", *Animal Colonies*, Stroudsburg, Pa., Dowden, Hutchens, and Ross, 1973, pp. 247-294. Para una discusión general, véase Richard Lewontin, "The Units of Selection", *Annual Review of Ecology and Systematics* 1 (1970), pp. 1-18.

<sup>23</sup> E. O. Wilson, "Review of *Animal Colonies*", *Science* 184, 1974, p. 54.

<sup>24</sup> Theodosius Dobzhansky, *Genetics of the Evolutionary Process*, University of California Press, Berkeley y Los Angeles, 1970, p. 23.

finición de los temas centrales. Una vez más tomaré mis ejemplos de todas las disciplinas históricas y no solamente de la historia humana, en parte porque la historia humana no dispone de una gran reserva de teorías psicológicas y sociológicas altamente desarrolladas de donde servirse.

Las cuatro disciplinas históricas más importantes son la cosmogonía, la geología, la paleontología y la historia humana. La cosmogonía es el estudio de la historia del Universo como un sistema físico, la geología es el estudio de la historia de la Tierra, la paleontología es el estudio de la historia de la vida, y la historia humana estudia la trayectoria de los sucesos humanos. La embriología y el estudio del aprendizaje en los animales también podrían considerarse como disciplinas históricas a causa de su preocupación por la historia del desarrollo de los organismos individuales, del nacimiento a la muerte; pero estos dos campos de investigación son peculiares dentro de las ciencias históricas porque sus fenómenos presentan una repetitividad que no es tan evidente en otras ciencias históricas. La repetitividad resulta de la presencia en los organismos de un programa históricamente desarrollado que pone restricciones a los posibles estados del sistema e influyen el orden de estos estados. Las restricciones semejantes son considerablemente menos influyentes, si no es que faltan por completo, para el Universo en su totalidad, la Tierra, las especies biológicas o la historia humana. Sin embargo, a pesar de la diferencia, sospecho que los temas centrales desempeñan en estas dos ciencias el mismo papel que en otras disciplinas históricas. Por ejemplo, ninguna de las leyes causales que conectan secuencias sucesivas de regímenes condicionantes es muy poderosa. Sin embargo, estas secuencias comparten la característica de que todas ellas fueron llevadas a cabo sobre el mismo tema.

En todas las ciencias históricas debe distinguirse entre las reglas prácticas, utilizadas para reconstruir los acontecimientos pasados sobre la base de documentos actuales, y las teorías científicas utilizadas para explicar esos acontecimientos. Por ejemplo, los cosmólogos pueden utilizar los colores de las estrellas para hacer hipótesis acerca de sus edades relativas. Así como los metales calentados pasan del azul o blanco hacia el rojo a medida que se enfrían, las estrellas pueden sufrir transformaciones semejantes en su color. Si todas o la mayoría de las estrellas están enfriándose gradualmente, entonces sus edades relativas pueden estimarse a partir de sus colores. Pero esta regla práctica es distinta de cualquiera de las teorías que gobiernan estos cuerpos celestiales y podría ser utilizada en ausencia de tales teorías. Una vez que la teoría pertinente se formula, esta regla puede resultar derivable de ella, o tal vez no. De hecho, los cambios en el color relacionados con la temperatura de las estrellas se siguen de la teoría física, pero tales cambios son una

guía no confiable para decidir las edades relativas de las estrellas porque algunas de éstas se están calentando y otras se están enfriando.

Observaciones semejantes pueden hacerse en otras ciencias históricas. Los geólogos utilizan un principio que ellos llaman la "ley de superposición" para ayudar a reconstruir la historia de la Tierra. Este principio establece que en cualquier secuencia de material depositado en la superficie, cada capa tiende a ser más reciente que la de abajo y más antigua que la de arriba. Este principio no puede aplicarse acriticamente porque la corteza terrestre puede doblarse, invirtiendo el orden de los estratos en distancias cortas. De manera similar, una minoría de geólogos argumenta que una vez los continentes formaron una sola masa terrestre que gradualmente se rompió y derivó separadamente. Sin embargo, hasta el surgimiento de la tectónica de placas no había una teoría causal adecuada para explicar tales fenómenos.<sup>25</sup> Bernard Rensch enumera unas cien reglas prácticas que los paleontólogos utilizan para reconstruir secuencias filogenéticas.<sup>26</sup> Puede mostrarse que algunas de estas reglas claramente son consecuencias directas de la teoría evolutiva, pero otras no. Todas, sin embargo, tienen alguna utilidad limitada para reconstruir filogénesis particulares. Por ejemplo, E. D. Cope alegaba que el tamaño del cuerpo tiende a incrementarse durante el desarrollo evolutivo de un grupo. Esta regla parece especialmente aplicable a los vertebrados norteamericanos.<sup>27</sup>

Finalmente, hay numerosas reglas en la historiografía que ayudan a los historiadores a reconstruir el pasado a partir de documentos que nos llegan a la actualidad. Por ejemplo, si Aristóteles menciona su *Historia de los animales* en su *Metafísica*, pero no a la inversa, entonces probablemente comenzó su *Metafísica* después de completar su historia. Puesto que no hay teorías psicológicas o sociales análogas a la teoría de la relatividad en la física, a la tectónica de placas en geología, o a la teoría evolutiva en biología, la relación de tales principios en la historia con cualesquiera teorías posibles actualmente es aún más cuestionable que en otras disciplinas históricas.

Ernest van den Haag considera la relación entre reconstrucción histórica y leyes científicas como sigue:

<sup>25</sup> David Kitts, "Physical Theory and Geological Knowledge", *The Journal of Geology* 82 (1974), pp. 1-23. "Continental Drift and Scientific Revolution", *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 58, 1974, pp. 2490-2496.

<sup>26</sup> Bernard Rensch, *Biophilosophy*, Nueva York, Columbia University Press, 1971, p. 214. Leigh Van Valen hace la misma distinción en su "Laws in Biology and History, Structural Similarities of Academic Disciplines", *New Literary History* 3, 1972, pp. 409-419.

<sup>27</sup> Para las conexiones entre la regla de Cope y la teoría biológica actual, véase S.M. Stanley, "An Explanation for Cope's Rule", *Evolution* 27, 1973, pp. 1-26.



Puesto que los historiadores no tratan de establecer leyes universales, ellos no consideran los acontecimientos como ejemplos o contraejemplos de tales leyes. De esta manera, para el científico, los hechos históricos constituyen una evidencia a favor (o en contra) de sus leyes; para el historiador, esas leyes son parte de la evidencia a favor (o en contra) del acontecimiento que ha tenido lugar realmente. El historiador, en primer lugar, se interesa por probar los hechos; el científico se interesa por lo que los hechos prueban.

Sin embargo, enfatizando las particularidades, los historiadores no renuncian a la ciencia. Ellos la utilizan, como lo hace un tribunal cuando investiga las acciones pasadas de un individuo. Solamente las reglas de la ciencia nos permiten inferir, a partir de la evidencia presente —todos los historiadores y tribunales la tienen—, cualesquiera acontecimientos pasados.<sup>28</sup>

Los historiadores utilizan una variedad de técnicas para reconstruir el pasado. Una de éstas consiste en inferir un acontecimiento a partir de una ley genuinamente científica y de los datos actuales. Pero muchos de los axiomas y reglas prácticas usadas por los historiadores para reconstruir el pasado no merecen ciertamente el pomposo título de "ley científica", y en muchos casos estos principios son mucho más útiles para reconstruir el pasado que las teorías admitidas. Tanto la cosmogonía, como la geología y la paleontología, poseen teorías a partir de las cuales pueden hacerse tales derivaciones, pero el grado en que estas teorías limitan el posible desarrollo histórico de sus respectivas materias varía. Tanto los cosmólogos como los geólogos, claramente hacen un uso directo de las leyes físicas para reconstruir la historia pasada del Universo y de la Tierra respectivamente. El enfriamiento de las estrellas y la deposición de arena en el lecho de un río siguen leyes físicas bien conocidas. Pero aún así, dadas las teorías admitidas y la evidencia disponible, ni la historia del Universo ni la de la Tierra están unívocamente determinadas. Existe aún algún sendero para las reconstrucciones alternativas. La capacidad de resolución de la teoría de la evolución es aún más débil. La teoría de la evolución solamente establece restricciones muy generales sobre el desarrollo filogenético posible, tan generales que son de poca ayuda para los paleontólogos al reconstruir secuencias filogenéticas. Para plantear las cosas de manera simple, las teorías científicas nos dicen lo que puede suceder. Dentro de estos límites, ciertas reglas adicionales ayudan a los historiadores a decidir lo que realmente ocurrió. En nuestros días, existe un considerable desfase entre estos dos grupos de principios. Las teorías pertinentes no constriñen muy fuertemente los posibles estados del sistema, y pocas de las varias reglas prácticas

<sup>28</sup> Ernest van der Haag, "History as Factualized Fiction", en *Philosophy and History*, Hook (comp.), Nueva York, New York University Press, 1963, p. 214.

utilizadas para reconstruir el pasado son consecuencias inferenciales de estas teorías.

La discusión precedente se interesaba en el papel de las teorías científicas en la reconstrucción del pasado. Las teorías científicas también desempeñan un papel fundamental en la definición de los temas centrales. Uno de los principios más fundamentales de la filosofía contemporánea de la ciencia es que en cualquier disciplina las unidades básicas se definen en el contexto de las teorías que gobiernan la materia temática de esa disciplina. Por ejemplo, la teoría atómica determina lo que es o no un elemento físico. Los diferentes elementos no se distinguen sobre la base de sus propiedades físicas, tales como maleabilidad, densidad específica o peso atómico, sino meramente en términos de su número atómico. El oro es un elemento porque la unidad más pequeña del oro es un átomo. El oro es oro y no plomo o uranio porque está hecho de átomos con 79 protones. De manera similar, en cada momento dado, una especie biológica de organismos que se reproducen sexualmente es un segmento de una especie, no una subespecie o un género, porque los organismos apropiados que comprende la especie están actual o potencialmente hibridándose entre sí y están aislados reproductivamente de los organismos que comprende otra especie. Las generaciones sucesivas de una especie biológica son parte de la misma especie porque están relacionadas por la relación de antepasado-descendiente. La elección del número atómico para los elementos físicos y la elección del intercambio genético para las especies biológicas son dictadas por la teoría atómica y la teoría evolutiva respectivamente. En el contexto de otras teorías, bien podrían utilizarse otros criterios.

En su discusión del artículo de Morton White, Donald C. Williams establece distinciones semejantes para la historia humana.

El señor White, para ser más preciso, exige dos tipos de conexión en la narración de los historiadores, en términos tradicionales, la unidad de la sustancia y también la unidad de la causa, y éstas crean algunas dificultades mutuas. El primer requisito es su prescripción de que una narración histórica tenga un solo tema, y está tan lejos de ser demasiado riguroso que necesita una glosa para salvarlo de la trivialidad. Esto es a causa de que, como él sería el primero en aceptarlo, el mundo no contiene registro completo y originario de sustancias primarias o temas "reales", consolidadas metafísicamente por dentro y aislados por fuera e, inversamente, cualquier fragmento designable o suma de cosas, propiedades o acontecimientos es suficientemente "tema" para cumplir con los requisitos lógicos y ontológicos fundamentales, pero no, conjeturo, el requisito que tiene en mente el señor White. Si un "tema" es solamente una entidad lógicamente individual, entonces para cualquier acontecimiento, A, existe una infinidad de temas en cuyas historias A es un episodio, y para cada

dos acontecimientos, A y B, existe una infinidad de temas-historias a las cuales ambos pertenecen, y también una infinidad de temas-historias a las cuales uno pertenece, pero no el otro.<sup>29</sup>

El mundo de nuestra experiencia puede ser analizado en individuos, partes, propiedades, clases, etc., de indefinidamente muchas maneras. ¿Qué maneras son preferibles? Algunos filósofos, por ejemplo, han sostenido que las ontologías preferibles son aquellas que son epistemológicamente previas. Así, todo análisis debe ser conmensurable con la clasificación fundamental de nuestras experiencias en datos de los sentidos. Este programa particular ha sido singularmente improductivo. La opinión admitida entre los filósofos de la ciencia es que el mundo empírico podría y debería ser analizado en términos de las mejores teorías disponibles, independientemente de las prioridades epistemológicas o de las maneras en que el sentido común considera las cosas. Sucede así que la gente puede registrar la luz con ciertas longitudes de onda. Este hecho carece de importancia para la física de la luz. La gente común tiende a dividir las plantas en árboles, arbustos, y "plantas", pero ello no tiene consecuencias para el botánico. Los científicos teóricos no sienten la necesidad de hacer concordar sus entidades teóricas con nuestras percepciones psicológicas o con las concepciones ordinarias. Solamente porque los organismos parecen ser individuos extremadamente evidentes a los seres humanos, un biólogo teórico no necesita tratarlos como tales. Qué sea o no un individuo o un tipo natural depende de la teoría.

La mayor dificultad que enfrenta el historiador a este respecto es que cualquier teoría que pudiera ser pertinente para su empresa es tan débil actualmente que no puede serle de mucha ayuda para decidir qué clases de cosas deben contar como individuos en sus narraciones históricas y qué clases deben contar como tipos naturales. Desde el punto de vista del hombre de la calle, las personas individuales son los principales candidatos para los temas centrales de las historias, pero esto no significa que todas las historias deban ser acerca de seres humanos particulares. La mayor dificultad para escribir historias de culturas, instituciones, ideas, y cosas semejantes es que las teorías sociales y psicológicas pertinentes no ofrecen principios de unidad y continuidad suficientemente bien formulados de unidad y continuidad para tales individuos o criterios suficientemente detallados para decidir lo que es parte de tal tema central y lo que pertenece propiamente a su narración histórica asociada. Sin embargo, la falta de cimientos teóricos adecuados para la historia

<sup>29</sup> Donald C. Williams, "Essentials in History", en *Philosophy and History*, Hook (comp.), Nueva York, New York University Press, 1963, p. 374.

humana no prohíbe automáticamente el recurso a los temas centrales en la historia humana. Aunque sólo fuera eso, los historiadores pueden tomar sus temas centrales de otras disciplinas, como los organismos y linajes de la biología. Pero aún así, los biólogos reconocieron las especies mucho antes de poseer una teoría naturalista en la que las especies funcionaran como unidades teóricamente significativas. Los historiadores pueden hacer lo mismo.

#### LOS TEMAS CENTRALES COMO INDIVIDUOS ÚNICOS

No hay nada en la visión del historiador acerca de su disciplina que cause mayor consternación entre los filósofos que la tesis de que los acontecimientos históricos, las secuencias de acontecimientos y los individuos son, en cierto sentido "únicos". Los filósofos contestan a esta afirmación diciendo que en el único sentido de acuerdo con el cual los acontecimientos históricos y los individuos son únicos, todos los acontecimientos y todos los individuos son únicos. Cada vez que una esfera de plomo rueda hacia abajo en un plano inclinado, a lo largo de una mesa, y hacia el suelo, ésta es una única secuencia de acontecimientos. Estos particulares, puesto que *son* particulares, no se repetirán nunca. Sin embargo, este tipo de unicidad no impide que éstos particulares sean asimilados a clases significativas y derivados de leyes científicas. Así, los defensores de la tesis de unicidad en la historia son forzados a tomar una de dos posiciones. Ellos deben argumentar o que las secuencias históricas de acontecimientos e individuos son únicos en cualquier descripción o si no, que existe una perspectiva histórica peculiar desde la cual tales acontecimientos y entidades son únicos.

La primera alternativa parece claramente falsa. César cruzando el Rubicón, para usar el ejemplo tradicional, fue un acontecimiento único; este ser humano particular cruzó este río particular en el momento en que lo hizo, y eso es todo. Es lógicamente imposible para este individuo llevar a cabo ese acto particular otra vez en ese momento, de la misma manera en que un hombre no puede ser su propio hermano. Pero este acontecimiento, por único que pueda ser, puede ser asimilado dentro de una variedad de clases de referencia, tales como gente que cruza ríos, generales que desobedecen las órdenes, o individuos ambiciosos haciendo sus grandes jugadas. Ciertamente, en algunas de estas descripciones el acontecimiento es un ejemplo de una generalización significativa, aunque quizá no sea una ley natural. Obviamente, los historiadores deben estar tratando de indicar alguna otra característica de las narraciones históricas que aquellas recién discutidas. Hasta donde alcanzo, puedo

decir que la tesis de singularidad brota del papel de los temas centrales en la historiografía.

Los historiadores describen frecuentemente su tarea como la identificación de una hebra significativa a seguir en el tejido de la historia. La metáfora es bastante buena, mientras se reconozca que no todos las hebras en el tapiz son del mismo tipo. Mink observaba que las "acciones y los acontecimientos de un relato comprendido como un todo están conectadas mediante una red de descripciones que se traslapan".<sup>30</sup> Estas descripciones que se traslapan son responsables en parte de la unidad y la continuidad de las narrativas históricas, pero son derivadas de una unidad y continuidad más fundamental de los temas centrales. Por ejemplo, si se toma T. H. Huxley como tema central de una narración histórica, su continuidad física y/o psicológica del nacimiento a la muerte provee la continuidad primaria para la narración histórica. La red de descripciones traslapadas de Huxley y los acontecimientos en que participó son secundarios. Por supuesto, Huxley como individuo puede ser asimilado a una gran cantidad de clases de referencia, pero desde el punto de vista de las conexiones descritas en las narraciones históricas, estas clases no son pertinentes. Ciertas teorías pueden desempeñar papeles fundamentales determinando que un ser humano es una entidad histórica y suministrando los criterios para decidir cuándo una entidad termina y otra comienza, pero estas teorías no son las que interrelacionan los acontecimientos discutidos en la narración histórica. Como se ha mencionado, los biólogos han hecho observaciones comparables acerca de las especies en evolución. Los rasgos característicos de una especie se "agrupan" porque son propiedades de las partes del mismo individuo.

Una de las dificultades para mostrar el papel de los temas centrales en la historiografía es que frecuentemente aparece más de un tema central en una sola historia, y algunos de ellos pueden existir como individuos en diferentes niveles de análisis. Por ejemplo, T. H. Huxley como tema central pertenece a un tipo diferente que la familia Huxley. En este último caso, el linaje Huxley tendría que describirse mediante una recitación de quién se casó con quién y a quién engendró. Tal recitación no sería, por supuesto, una narración histórica sino la caracterización de un tema central. Tampoco la historia de un linaje es la mera suma de las biografías separadas de las personas individuales que hacen el linaje; ellas deben ser integradas en una sola narración. La situación tiene paralelos directos en otras disciplinas históricas. Así como T. H. Huxley engendró a Leonard Huxley, y Leonard Huxley engendró a Aldous y Julian Huxley,

<sup>30</sup> Louis O. Mink, "History and Fiction as Modes of Comprehension", *New Literary History* 1, 1969, p. 556.

los ostracodermos dieron origen a los placodermos y los placodermos dieron origen a los tiburones y a los peces óseos. En cada uno de esos casos, los nombres de los individuos mencionados son nombres propios y las secuencias *indicadas de esta manera* son únicas. De hecho, toda la cuestión de los nombres propios como designadores rígidos es el de denotar unívocamente. Se supone que "T. H. Huxley" denota a T. H. Huxley y a nadie más. Se supone que "Placodermos" denota a los placodermos y a ningún otro segmento del árbol filogenético. Si es este aspecto de la historiografía el que los historiadores han intentado señalar en sus tesis de unicidad, entonces la historiografía no entra en conflicto de ninguna manera con las categorías filosóficas tradicionales.

Pero los historiadores hacen algo más que solo mencionar la existencia continua de un individuo en el tiempo o enumerar una serie de nombres propios serialmente. Ellos producen narraciones históricas asociadas. La narración presupone la continuidad del tema central, incluso puede mencionar ciertos aspectos de esa continuidad. Pero en general es una descripción del tema central y de los acontecimientos en los que este tema participa. Un acontecimiento en tal narración podría ser la defensa que hace Huxley de Darwin contra los intemperantes comentarios del obispo Wilberforce o el desarrollo de una columna vertebral ósea. En general, tales narraciones históricas tendrán una coherencia propia, aunque no la necesitan. Aún si T. H. Huxley hubiera llevado una doble vida, o sufrido un cambio radical en su personalidad de adulto, o hubiera sido tan alocado de nacimiento que su vida no fuera sino una confusión total, aún así un historiador podría escribir su biografía. Cuando un historiador no puede hacerlo, es porque quizá no ha logrado seleccionar un tema central genuino.

Quedan dos problemas: el funcionamiento de las ideas como tema central y la naturaleza explicativa de las narraciones históricas. Pero antes de discutir estas cuestiones, debemos hacer un gesto, por inútil que pueda ser, para apaciguar las inevitables objeciones operacionalistas. Puesto que la relación entre el tema central y su red asociada de descripciones traslapadas está tan íntimamente conectada, las dos se confunden a menudo, especialmente cuando el tema central no es un individuo para el sentido común. En tales casos, el orden temporal del descubrimiento y reconocimiento del tema central y la red asociada de descripciones traslapadas se opone usualmente al orden de la prioridad lógica. Nosotros captamos el tema central a través de la cohesión y la continuidad de sus propiedades y de los acontecimientos en los cuales participa, antes de descubrir los principios que integran el tema central en una entidad histórica. Nadie ha observado jamás la casa de los Tudor o una especie en evolución, a pesar de lo cual ambos podrían funcionar como te-

mas centrales de narraciones históricas. Puesto que llegamos a discernir un tema central mediante un agrupamiento de propiedades asociadas con él, los operacionalistas se engañan pensando que este agrupamiento es primario, no el tema central. Los taxónomos han discutido precisamente sobre esta cuestión por más de una década. Los taxónomos fenestistas sostienen que los grupos taxonómicos determinados por conjuntos de rasgos estadísticamente covariantes son primarios. Los taxónomos evolucionistas, al tiempo que aceptan que discernen los linajes evolutivos con ayuda de tales agrupamientos de rasgos, insisten en que los linajes son primarios.<sup>31</sup>

#### LAS IDEAS COMO TEMAS CENTRALES

La historia de las ideas es uno de los tipos de historia más interesantes y ciertamente de los más problemáticos producidos por los historiadores. La pobre opinión que muchos historiadores contemporáneos tienen de la historia de las ideas, aun cuando tales historias son bien logradas, surgen de la naturaleza peculiar de las ideas como temas centrales. Un ejemplo clásico de la historia de las ideas es la obra de Arthur Lovejoy *The great chain of being (La gran cadena del ser)* (1936). En ella, Lovejoy dice que la historia de las ideas se

interesa especialmente por la manifestación de unidades-idea en el pensamiento colectivo de grandes grupos de personas, no solamente en las doctrinas u opiniones de un pequeño grupo de pensadores profundos o escritores eminentes.

Estas lecturas, por tanto, son concebidas para ejemplificar en una pequeña medida el tipo de investigación filosófica e histórica de la cual solamente he esbozado los propósitos generales y el método. Nosotros distinguimos, en primer lugar, no una idea sola y simple, de hecho, sino tres ideas que han estado, a lo largo de la mayor parte de la historia del Occidente, tan cercana y constantemente asociadas que han operado frecuentemente como una unidad, y que han producido, cuando se toman conjuntamente, una concepción —una de las mayores concepciones en el pensamiento occidental— que llega a expresarse con un solo término: "la gran cadena del ser".<sup>32</sup>

Pero Lovejoy nunca nos dice cómo vamos a reidentificar estas unidades como las *mismas* unidades a lo largo de la historia del Occidente. Se podría alegar, justamente, que las ideas son tan maleables que realmente no ofrecen restricciones al historiador de las ideas. La legitimidad de

<sup>31</sup> Mayr, Ernst, *Principles of Systematic Zoology*, Nueva York, McGraw-Hill, 1969, contra Sneath, Peter H.A. y Robert R. Sokal, *Numerical Taxonomy*, San Francisco, 1973.

<sup>32</sup> Lovejoy, A.O., *The Great Chain of Being*, Nueva York, Harper & Row, 1936, pp. 19-20.

tales historias de las ideas, sin embargo, puede encontrar apoyo hasta cierto punto en casos en los que a la idea-unidad le faltaba suficiente unidad y continuidad para apoyar una narración histórica. Por ejemplo, W. S. Warren Wagar trató de seguir la creencia en el progreso de Darwin a Marcuse en su libro *Good Tidings* (Buenas noticias) (1972), pero su exposición consiste en gran medida en una serie de perspectivas particulares de hombres particulares organizados alrededor de criterios extraños. Wagar no fue capaz de descubrir ningún principio interno de integración apropiado porque la idea de progreso en el siglo XX había dejado de ser un tema tan central como lo había sido en el XIX.<sup>33</sup>

El mayor problema que las historias de las ideas presentan al análisis hecho en este trabajo es que carecen de cualesquiera propiedades espacio-temporales. Previamente introduje tres términos técnicos: individuo, entidad histórica y tema central. Los individuos son las entidades de nivel más bajo, cubiertas por las leyes de una teoría particular; por ejemplo, los puntos de masa en la mecánica de Newton, los alelos en la genética de población y las respuestas en la teoría del aprendizaje. Las entidades históricas son un tipo especial de individuo; son individuos integrados por varias relaciones particulares que incluyen la unidad y la continuidad espacio temporal. Un tema central es una entidad histórica que funciona como el núcleo de una narración histórica. La cuestión es el papel que desempeñan la unidad y la continuidad espacio-temporal en la definición de las entidades históricas. Todos los ejemplos de entidades históricas discutidos hasta aquí lo han sido de sistemas físicos integrados por relaciones que presuponen cuando menos una continuidad espacio-temporal intermitente de sus partes. Por ejemplo, dos organismos no pueden reproducirse a sí mismos a menos que sus gametos entren en contacto. En la reproducción, los descendientes surgen de sus padres. No existe la acción a distancia. Sin embargo, no todas las entidades históricas pueden ser caracterizadas de esta manera. Por ejemplo, los Estados Unidos de América incluyen Alaska y Hawai como partes, aun cuando estos dos estados estén separados del resto por miles de kilómetros. Si tales individuos deben contarse como entidades históricas, entonces el requisito de la unidad espacio temporal debe relajarse en parte. Ciertas entidades históricas podrían estar integradas por relaciones que no presuponen ninguna contigüidad espacio-temporal. En ciertos casos, también podría ser necesario relajar el requisito de la continuidad temporal. Una teoría podría justificar llamar a algo un individuo y el mismo individuo aún si éste hubiera cesado de existir y hubiera vuelto a la existen-

<sup>33</sup> Wagar, W. Warren, *Good Tidings The Belief in Progress from Darwin to Marcuse*, Bloomington, Ind., Indiana University Press, 1972.



cia de nuevo, más tarde. Por ejemplo, un biólogo podría querer decir que una especie particular se extinguió y posteriormente evolucionó de nuevo partiendo de una cepa diferente. Sin embargo, tales tesis necesitarían una teoría extraordinariamente fuerte porque tales entidades difícilmente son individuos para el sentido común. Además, es extremadamente dudoso que tales entidades pudieran funcionar adecuadamente como temas centrales.

Hablando literalmente, las ideas pueden transmitirse solamente por contacto. Para que Linneo pudiera haber sido influido por las ideas de Aristóteles sobre la clasificación, tuvo que haber leído a Aristóteles o a alguien que lo hubiera hecho, o hablado con alguien que hubiera leído a Aristóteles, y así sucesivamente. Por tenuous que puedan llegar a ser estas conexiones, podrían servir como justificación para tratar las ideas como entidades históricas. Pero los historiadores de las ideas frecuentemente escriben como si pensarán que las ideas dan origen a otras ideas independientemente de cualquier sistema de comunicación. Precisamente este mismo problema ha surgido en la historia de la ciencia. ¿Es la historia de la ciencia una historia de las comunidades científicas en su medio natural, una historia de las teorías científicas como partes de una perspectiva conceptual más amplia, o alguna combinación de ambos enfoques? Los científicos no tienen que estar en una proximidad espacio-temporal entre ellos para ser parte de la misma comunidad científica, aunque usualmente lo estén. Una comunicación más indirecta puede funcionar, pero es necesario algún tipo de contacto. Las comunidades científicas son entidades históricas y como tales pueden funcionar como temas centrales en las narraciones científicas. Si las ideas pueden interpretarse de tal manera que sean temas centrales legítimos es una cuestión discutida. Yo me inclino por la opinión de que pueden serlo.

#### LA NATURALEZA EXPLICATIVA DE LAS NARRACIONES HISTÓRICAS

Los lectores podrían estar dispuestos a conceder lo anterior pero, especialmente si son filósofos, podrían mantener algunas reservas respecto a considerar las narraciones históricas como explicativas. Los filósofos han planteado objeciones hacia las maneras en que los historiadores reconstruyen el pasado y hacia las narraciones históricas resultantes, pero lo que han objetado con más vehemencia son las tesis que los historiadores sostienen acerca de la naturaleza explicativa de las narraciones históricas. Quizá los filósofos han sido incapaces de descubrir la esencia de la belleza, de la bondad, de los caballos, los limones y los juegos, pero han descubierto la esencia de la explicación científica y su subsunción

bajo una ley científica. Hay una y sólo una manera de explicar un fenómeno o una regularidad natural particular y es la que consiste en derivarlo de una o más leyes naturales y, cuando es necesario, de circunstancias particulares pertinentes. En esta perspectiva, las narraciones históricas son explicativas solamente hasta el punto en que contienen implícita o explícitamente una referencia a las leyes científicas. Si estas leyes resultan ser débiles, entonces el contenido explicativo de la narración correspondiente es débil. Si no hay tales leyes, entonces la narración histórica no es en modo alguno explicativa. Puesto que las mejores generalizaciones que los historiadores han sido capaces de producir no son muy poderosas, los filósofos han concluido que las narraciones históricas son, en el mejor de los casos, esbozos explicativos.

La explicación mediante la subsunción concuerda muy bien con muchas de nuestras nociones preanalíticas acerca de cómo deberían ser las explicaciones científicas, y muchos casos paradigmáticos de la explicación científica se ajustan a este análisis: pero la tenaz insistencia de tantos filósofos de que *solamente* la subsunción puede contar como explicación científica ha parecido excesivamente doctrinaria, no solamente a los historiadores sino a todos los científicos. Desde el punto de vista del lenguaje ordinario, parece implausible suponer que un término como "explicación" deba referirse a un único proceso racional; tan implausible como suponer que "deshonestidad" se refiere a un único tipo de actividad humana. Así como hay más de una manera de ser deshonesto, bien pueden haber más de una manera de explicar algo científicamente. Desde luego, tales comentarios acerca del uso ordinario se arriesgan a no impresionar a nadie sino al más ardiente filósofo del lenguaje ordinario. La mayor parte de los filósofos sostienen que la filosofía es hasta cierto punto normativa. Esta tesis bien podría estar justificada, pero hasta que las bases para tal poder normativo hayan sido mucho mejor esclarecidas de lo que están actualmente, los filósofos serían más inteligentes procediendo con cautela para no encontrarse una vez más argumentando que el espacio es necesariamente euclidiano y las especies necesariamente inmutables.

En las narraciones históricas, un acontecimiento no se explica subsumiéndolo bajo una generalización. En cambio, se explica integrándolo dentro de una totalidad organizada. Louis Mink ha distinguido diversos modos de comprensión, incluyendo uno que llama "modo configurativo". Ejemplos de este modo de comprensión son el mantener en la mente una sinfonía entera, una novela o una prueba deductiva. Tal como Mink lo pone: "En todos estos ejemplos, y en una infinidad más, parece haber un tipo característico de entendimiento que consiste en pensar juntamente en un mismo acto, o en una serie acumulativa de actos, las

complicadas relaciones de partes que pueden ser experimentadas sólo serialmente".<sup>34</sup>

Todos estamos bien familiarizados con la satisfacción psicológica que sentimos cuando descubrimos que la caída de una manzana y el movimiento de la Luna alrededor de la Tierra son ejemplos de la misma regularidad general. De manera similar, también estamos familiarizados con la satisfacción que sentimos cuando logramos ver lo que primero parecía ser un revoltijo como una sola y coherente unidad, o cuando hacemos encajar un elemento en un patrón ya reconocido. La integración de un elemento dentro de un patrón abarcador puede producir tanta satisfacción intelectual como la subsunción de un particular bajo un ley científica, y a veces más. Tales intuiciones son importantes para los filósofos y los científicos por igual. Inicialmente eso es todo por lo que alguien tiene que pasar. Pero las intuiciones no son suficientes. Muy a menudo son erróneas. Es tarea del psicólogo la de mostrar la psicología del reconocimiento de patrones, pero como el mismo Mink observa, es "tarea del filósofo la de hacer explícitos los patrones de la inferencia racional que informan los pensamientos complejos de todos tipos".<sup>35</sup> Los filósofos han mostrado la estructura lógica de las explicaciones deductivas con considerable detalle. Algún avance se ha logrado recientemente mostrando la estructura de las explicaciones estadísticas. Otros tipos de explicación han sido soslayados hasta fechas relativamente recientes. Si las tesis acerca de las explicaciones integrativas deben tomarse en serio, entonces debe hacerse algún esfuerzo haciendo respecto a ellas lo que los filósofos han hecho respecto a las explicaciones deductivas y estadísticas. No hay nada inherentemente alógico en la integración de partes en todos. La lógica de la relación parte-todo ha sido llevada a cabo con gran detalle. Lo único que falta es que alguien muestre la estructura lógica de las explicaciones integrativas.

<sup>34</sup> Mink, "History and Fiction", p. 552.

<sup>35</sup> *Ibid.*, 543.

CUARTA PARTE

EXPLICACIONES BIOLÓGICAS:  
ALGUNOS EJEMPLOS



## XIV. EXPLICACIÓN NARRATIVA Y EXPLICACIÓN ESTADÍSTICA EN MEDICINA Y BIOLOGÍA

CARLOS LÓPEZ BELTRÁN

### INTRODUCCIÓN

EL PROPÓSITO de este trabajo es señalar una continuidad tanto histórica como conceptual entre dos tipos de explicación que tienden a considerarse como opuestas e incompatibles. Las explicaciones narrativas y las explicaciones basadas en estadísticas.

En la historia de diversas disciplinas se suele considerar la incorporación de un patrón estadístico (respaldada por una razón probabilística) a las disciplinas como un importante avance hacia la cientificidad y la superación de etapas inmaduras, en las que priva la insalvable contingencia de lo anecdótico e individual. La capacidad que dan las tabulaciones y particiones poblacionales de la estadística, de avanzar en dirección a enunciados generales legaliformes y, con análisis más o menos sofisticados, de desentrañar posibles nexos causales, otrora invisibles, desde el siglo pasado se ha visto como la llave del rigor científico para aquellas disciplinas encargadas de investigar lo que Newton llamó "los problemas difíciles", en los cuales escasean las regularidades monótonas y suelen no ser demasiado consistentes, y los nexos y cadenas causales forman auténticas junglas de imbricamientos. Las llamadas ciencias sociales, la medicina y algunas ramas de la biología se han servido repetidamente de esa llave, pero no han dejado de usar simultáneamente un recurso más antiguo y epistemológicamente menos prestigioso, el de las historias o narraciones como rastreadores de secuencias causales más o menos complejas para explicar que ocurran ciertos eventos.

La continuidad que quiero hacer ver entre estas estrategias le da cierta primacía a la narrativa. No sólo histórica, sino conceptualmente, quiero mostrar que la eficacia de los procedimientos estadísticos se basa en que explícita o implícitamente hace uso de capacidades cognitivas asociadas a lo narrativo. Es decir, el uso de estadísticas conlleva un recurso (hoy día casi siempre oculto) narrativo, y hace un trabajo explicativo similar. Ambas estrategias sirven para establecer puentes más o menos confiables entre los eventos singulares, estrictamente irrepetibles, y el afán de síntesis y generalización que motiva la investigación en las ciencias.

## DE LA EXPLICACIÓN EN CIENCIAS

La convivencia continua de ambos tipos de procedimientos (narrativo y estadístico) en varias disciplinas, tanto sociales como naturales, durante ya más de un siglo ha producido una tensión en los análisis filosóficos, que no hemos logrado disipar. El origen obvio de tal tensión es la aspiración deductivista de hacer de las explicaciones en las que el *explanans* implica lógicamente al *explanandum*, el foco descriptivo y normativo de la cientificidad. La ausencia de tal implicación en la mayoría de las explicaciones de un sinnúmero de disciplinas científicas ha producido variadas respuestas. Tanto en la biología evolucionista como en la medicina, para mencionar las dos áreas que ocuparán más mi atención en este artículo, existen dos campos claramente enfrentados: el de los que defienden la aspiración a encontrar siempre leyes o generalizaciones a las cuales vincular la capacidad explicativa, y el de los que piensan que éstas no son indispensables, ni (cuando existen) son centrales para dar cuenta de la producción de explicaciones, sobre todo en las ciencias con compromisos históricos, como las que William Whewell llamó paleoetiológicas.

En un inteligente contra-argumento (en su contribución a este volumen), el historiador Robert Richards sostiene que la función explicativa más importante en *todas* las ciencias (aún en la física) la desarrollan las descripciones de conexiones espacio-temporales de condiciones y causas que sólo pueden llamarse narrativas. La explicación puede prescindir de leyes y otras generalizaciones, pero nunca del particular tejido situacional que vincula el suceso a explicar con estados anteriores y posteriores, a través de una o varias cadenas causales. Es la historia, y no la física, la que nos revela la verdadera lógica de la explicación. (Véase Richards, en esta obra.)

La actitud provocadora de Richards tiene la virtud de que asume una serie de consensos producidos por varias discusiones recientes sobre la explicación científica. Uno de ellos es que los elementos pragmáticos, contextuales de la explicación científica no sólo son ineludibles, sino que constituyen su rasgo principal. Una explicación sólo se entiende como tal frente al sentido, desde la perspectiva y foco, que le dan la pregunta particular que responde, el azoro especial que disipa. Richards acierta cuando distingue entre aquello que explica el evento central en cuestión, y lo que explica a la explicación misma. Según él, las generalizaciones y leyes desempeñan más a menudo el segundo papel que el primero. Al ocuparse de elementos más estables y previsibles de los circuitos causales del mundo, su labor a menudo es transparente en la explicación (también podría decirse de "caja negra"). Son los elementos variables e inestables de las cadenas causales los que se prestan con ma-

yor facilidad a explicar los sucesos de mayor interés. ¿Por qué el Universo no es homogéneo? ¿por qué sobrevivió cierto individuo al cáncer? ¿por qué se extinguieron los dinosaurios?

Por otro lado, una explicación tiene típicamente que sortear su camino en una red más o menos compleja de condiciones iniciales, causas o cadenas causales convergentes, etcétera, de modo que se resalten sólo los elementos con capacidad explicativa y queden en el trasfondo aquellos sin relevancia en el contexto pragmático.

Las narraciones son un recurso ideal para ambos tipos de funciones. Elegir y acomodar condiciones y causas en cierto orden temporal y espacial. Lo que quizá se ha dejado de lado es que, además de ser un vehículo ideal para capturar los sucesos históricos irrepetibles, los patrones narrativos tienen la capacidad de convertirse en ejemplares (o paradigmáticos), de modo que puedan utilizarse con sentido en situaciones distintas a las que los originaron. Jerome Bruner, al analizar la función de las narrativas como vehículos de conocimiento, ha propuesto el uso del adjetivo "emblemático" para referirse a esta capacidad de las narrativas de portar conocimiento más general que los eventos singulares que relatan. Esto las hace vehículos de conocimiento adecuados para disciplinas diversas, sobre todo las que lidian con complejidades históricas y causales de alto calibre, entre ellas la biología y la medicina. (Burner, 1991, p. 13.)

La función explicativa es uno de los motores de las ciencias. A la vez es quizá el aspecto más refractario a modelos simples y generales. La actitud que considero más fértil es considerar la explicación científica como una familia de procedimientos similares, pero no agotables por una definición, entre otras razones porque, como la historia lo muestra, está abierta a innovaciones y sesgos. Un criterio que me convence, y que en este trabajo voy a aceptar, es el de Quine, que afirma que una hipótesis es explicativa respecto de un hecho si nos ayuda a avanzar en busca de sus causas. Y que el principal trabajo explicativo está en ese apuntar hacia posibles causas. Las hipótesis narrativas y las estadísticas comparten la virtud de que promueven tarde o temprano la inferencia hacia causas, a menudo ocultas, abriendo puertas a descubrimientos y nuevas preguntas y azoros. Aquí entro en desacuerdo con quienes distinguen tajantemente entre explicaciones causales y explicaciones narrativas, arguyendo que las primeras nunca pueden ser irreduciblemente narrativas, y siempre podrán transformarse en nomológicas. La apelación a causas no es, pienso en cambio, un matrimonio con la búsqueda de leyes generales.

La idea que quiero defender es que ambos procedimientos son adecuados para las ciencias empíricas, cuyo dominio de referencia está in-



merso en la complejidad estructural y en las contingencias históricas, y en los que difícilmente se tendrán leyes universales irrestrictas, pero en los que, sin embargo, es posible alcanzar descripciones y explicaciones altamente corroboradas (atrincheradas) y verosímiles (objetivas, robustas). Ambas estrategias se basan en la acumulación y organización de evidencias, en la consideración de casos similares, pero plagados de excepciones y rarezas, con el fin de hacerlos manejables (de estabilizarlos conceptualmente) y eventualmente susceptibles a la teorización. La estrategia narrativa en ciertas disciplinas históricas y científicas tiende a conseguir "historias tipo" que, como veremos, suelen cumplir varias funciones, y la estadística incorpora el poder de la cuantificación al clasificatorio. Un ejemplo lo tenemos en la ecología contemporánea, la cual, por ejemplo con sus tramas alimentarias, o con sus secuencias de sucesión en el poblamiento de islas u otros ambientes, acude a estructuras narrativas con frecuencia.

Para mí, la razón de la similitud de adecuación entre estas estrategias narrativas y ciertos dominios de investigación está en la existencia (*i. e.* la aparición histórica) de lo que llamo estructuras causales contingentes lo suficientemente estables para tener efectos regulares aprehensibles, esto permite que haya caminos hacia la generalización de contingencias, o lo que algunos llaman "accidentes congelados". Pero esto es materia de otro artículo. En este lo que quiero hacer es describir y justificar la continuidad, el parentesco entre las dos estrategias explicativas que tanto he mencionado ya. Tomaré como ejemplo, primero, el dominio de la medicina diagnóstica y luego, brevemente, el de la biología evolucionista. En ambos se ha discutido con cierta profusión el uso de narrativas con funciones explicativas, y en ambos ésta compite, aparentemente, con la estadística.

#### LO INDIVIDUAL VS. LO TÍPICO. EL CASO CLÍNICO

Como han insistido recientemente una serie de autores interesados en la narrativa como forma o vehículo para el conocimiento, es posible que ésta sea el más universal (y transcultural) de los recursos para almacenar y transmitir sabiduría de diversa índole: moral, práctica, cosmológica, etc. La universalidad del recurso de narrar, en mitologías, fabularios, consejas, anécdotas, chistes, etc., ha hecho postular a algunos una disposición innata a dar esa forma a los registros humanos de información sobre el mundo. Lo que sí parece indudable es la capacidad mnemotécnica de las narraciones, y su utilidad pedagógica desde la primera infancia. A pesar de por lo menos un par de décadas de revaloración y estudio de la narrativa en otros campos de reflexión como la historiografía y los

posmodernos "estudios culturales", sigue prevaleciendo en la filosofía de las ciencias una actitud de reserva respecto al valor real de las narraciones como portadoras de verdadero conocimiento. Es este un prejuicio compartido por muchos científicos, quienes se indignan ante toda insinuación de que lo que hacen es "contar historias". En un revelador libro reciente sobre la estructura narrativa del conocimiento médico, Kathryn Montgomery Hunter relata cómo a pesar de que utilizan historias de una y mil maneras importantes en su práctica e interacciones cotidianas, los médicos suelen expresarse muy desfavorablemente de éstas cuando se les pide que las consideren como vehículos epistémicos. Este enorme punto ciego es producto, sin duda, de distorsiones metacientíficas, tanto históricas como filosóficas, como la misma Hunter ayuda a mostrar. (Montgomery Hunter, 1991, cap. 4.)

De hecho, el uso epistémico de la estructura narrativa en la medicina es quizá uno de los elementos más notables en la historia de la medicina occidental, desde Hipócrates hasta nuestros días. Quien ha mostrado esto mejor es el español Pedro Laín Entralgo, en un libro que quizá de haberse escrito en inglés ahora sería mucho más célebre, titulado *La historia clínica, historia y teoría del relato patográfico* (1950). De él tomaré una serie de pistas que me acercarán a mi objetivo.

Como afirmé, la acusación más frecuente contra el empleo de narrativas es su caprichosa tendencia a anclarse en los hechos singulares que describe, y la falta de sistematicidad que conlleva el generalizarlas. Pero esta acusación, válida en más de una ocasión, no siempre es justa. Si ponemos atención a los procedimientos para construir narrativas explicativas, encontraremos que existen formas o reglas de construcción que se siguen (o se han seguido históricamente) en ciertas disciplinas que no sólo producen explicaciones posibles, sino que consiguen que éstas sean altamente probables. En un ensayo histórico deslumbrante (aunque no sin fallas), llamado "Indicios, raíces de un paradigma de inferencias indiciales" el historiador italiano Carlo Ginzburg rastrea a través de los siglos una tradición de descubrimiento de nexos causales y construcción de explicaciones basado en un especial tipo de atención a detalles, en apariencia secundarios. Organizados sagazmente por un tejido narrativo, estos detalles revelan la historia y el mecanismo que les dio origen. Las interpretaciones así logradas, dada la alta improbabilidad de que por coincidencia o azar tantos signos independientes puedan apuntar en la misma dirección, terminan poseyendo una elevada verosimilitud (u objetividad). Los indicios, dice Ginzburg, suelen ser "vestigios, tal vez infinitesimales, que permiten captar una realidad más profunda, de otro modo inaferrable" (Ginzburg, 1980, p. 147). El ejemplo más notable de inferencia indicial (que es de hecho el mismo que sirve a Montgomery

Hunter) es el del famoso método de Sherlock Holmes. Como es sabido, el hecho de que Conan Doyle tuviese un grado en medicina fue determinante en la creación de esa impactante forma de resolver crímenes. Aunque Ginzburg en la sección más especulativa de su ensayo se remonta hasta los orígenes cazadores de la humanidad, cuando era vital poder rastrear la presa leyendo los indicios y señales que dejaba en su entorno, creo que una hipótesis histórica más robusta es la de que, en occidente al menos, los indicios de Ginzburg empezaron por ser los síntomas en la medicina diagnóstica, es decir, las unidades de construcción de las historias clínicas.

Creo que el error principal de Ginzburg en este trabajo es caer en la tentación de exagerar la diferencia entre su paradigma indicial (el del saber conjetural, como también lo llama) y la tradición científica galileana que aspira al descubrimiento de leyes, y a la matematización. Las disciplinas indiciales, escribe Ginzburg, son "eminentemente cualitativas, [...] tienen por objeto casos, situaciones y documentos individuales, en cuanto individuales" (Ginzburg, 1980, p. 147). Ello se hace evidente, afirma, en el caso de la medicina hipocrática, en la que "sólo observando atentamente los síntomas es posible elaborar historias precisas de las enfermedades individuales". Y en la que la enfermedad, como ente, es inaferrable.

Esta interpretación de la actitud hipocrática, en la que se entiende la secuencia de síntomas captados en la historia o relato patográfico como lo único real, ha sido defendida por varios autores, entre ellos Oswei Temkin. Con ella no hubo sitio entre los hipocráticos para una clasificación nosológica basada en colecciones de síntomas que suelen ir juntos, más que tisis o tuberculosis había individuos, o estados tísicos o tuberculosos. Una enfermedad es, entonces, sólo una secuencia de síntomas, y el camino de uno a otro no estaría necesariamente prestablecido por una entidad etiológica. Según esto, la historia hipocrática no aspiraba a capturar sustratos generales, ni similitudes. Cada uno valía por sí mismo. Laín Entralgo se opone a esta visión extrema. Hay razones filológicas para ello. Pero otras razones vienen más a cuento aquí. Las historias hipocráticas no son simples narrativas. Son narraciones selectivas, y la selección no es arbitraria. No nos dicen muchas de las cosas que seguramente ocurrieron a los pacientes. Aunque suelen llevar un orden cronológico, a veces hay brincos o retrocesos que obedecen no a la historia sino a la importancia del síntoma o suceso en relación al decurso de la enfermedad. Por otro lado, no son fragmentos de biografías (como en el Renacimiento llegaron a ser los relatos médicos). Hay en ellas una voluntad clara de orden específico de los síntomas significativos. Como ha escrito Nelson Goodman, cuando esto ocurre, es decir cuando hay re-

arreglos (o selección) específicos de los incidentes de acuerdo con su significancia como síntomas, es cuando una historia deja de algún modo de serlo. La simple narración se convierte en algo más, en una exposición, en un estudio de caso, en una historia clínica. Y es aquí cuando la secuencia narrativa elegida comienza a apuntar fuera de su referente inmediato, de la historia particular contada y empieza a adquirir rasgos de ejemplo, de posible historia tipo, de emblema, capaz de acarrear cierta moraleja, cierto significado no particular que apunte hacia estructuras o dispositivos causales que pudieran re-producir si no ese suceso, sí uno similar. Adquiere así capacidades explicativas. (Véase Laín Entralgo, 1950, pp. 17-47 y Goodman, 1980.)

Es muy probable que las historias hipocráticas (como sus sucesoras medievales, renacentistas y modernas) hayan tenido entre sus fines el pedagógico (aunque entre los médicos siempre sea fundamental el conocimiento tácito adquirido sólo en la práctica), esto a mi entender refuerza la idea de que, quizá titubeantemente, de algún modo aspiraban a capturar lo típico de los distintos modos de enfermar.

Uno de los resultados más iluminadores del estudio de Laín Entralgo es que muestra cómo, a lo largo de la historia, el uso de la historia clínica (o relato patográfico) va y viene, oscila entre dos actitudes extremas: entre considerar la individualidad de cada línea o recorrido narrativo (de cada caso) —un poco como un trayecto específico a campo traviesa— y considerar las líneas o recorridos descritos como potenciales (o actuales) caminos establecidos transitables por muchos individuos —es decir, como una red ferroviaria—. En esta última versión es posible tratar de establecer, entonces, etiologías definidas, y avanzar clasificaciones.

Laín muestra, en suma, cómo en un dominio en el que las regularidades son escasas, los desenlaces imprevisibles, y los cambios de rumbo, a menudo, bruscos, como el de las enfermedades entre los humanos, el uso de patrones narrativos especiales (aunque cambiantes) ha probado ser invaluable y de algún modo insustituible. Ese hecho no ha frenado nunca, sin embargo, la búsqueda de síntesis, de regularidades, de unidad debajo de la diversidad. Sería un error, sin embargo, pensar que la única dirección posible hacia la síntesis y la generalización es la búsqueda de leyes o enunciados generales. Muchas veces en la historia de la historia clínica, los vehículos idóneos de tal conocimiento general han sido las mismas formas narrativas adoptadas. No hay una condena a ceñirse a la individualidad debida al uso de la historia como recurso teórico (aunque cuando de curar se trata sí la hay, o debiera haberla: nadie quiere ser un caso o una estadística más). En ciertos periodos, los médicos cayeron en el otro extremo, multiplicando la ontología morbífica al

hacer de cada secuencia de síntomas encontrada un tipo de enfermedad, con nombre y causa especiales.

Lafn Entralgo habla de cinco tensiones que persisten a lo largo de su tenaz seguimiento de las viscosidades de la historia clínica occidental (en las que ya no podemos detenernos por desgracia). Éstas son: 1) entre la individualidad del relato y la universalidad a la que aspira la ciencia, 2) entre la necesidad y la contingencia en la sucesión de los estados que integran el curso de cada tipo de enfermedad 3) entre la evidencia y la conjetura en los juicios subyacentes a las descripciones 4) entre el imperativo de selección de los síntomas significativos y la unitaria totalidad de cada existencia individual y 5) entre la intención teórica (cognoscitiva) y la intención operativa de la historia clínica.

Lo que podemos desprender de aquí es que este "servir a dos amos" (el de la teoría y el de la terapia individualizada) de la historia clínica, la mantuvo en una situación intermedia, para la cual estaba más que bien adaptada. Podía, por un lado, apuntalar la búsqueda de taxonomías (nosologías) bien delimitadas de los estados o secuencias morbosas, y por el otro instanciarse y enriquecerse con cada caso más o menos similar. Las diferentes historias clínicas, no hay que olvidarlo, interactuaban entre ellas, resonando, reforzándose, interiluminándose; en suma robusteciéndose para crear espectros de referencia que iban de lo más típico o común hasta lo más extraordinario. Por un lado, todo podía ser registrado en historias y guardado, como ejemplo o curiosidad, aguardando el momento de su posible utilidad. Por el otro lado, entre las narrativas existentes algunas podían robustecerse como dije, mientras otras se quedaron atrás, en los márgenes, como rarezas o excepciones útiles también a su manera, como llaves poco usadas en un cajón. Una manera de describir la transformación en la medicina, en su primera etapa a principios del siglo pasado, a partir de la incorporación de las tablas estadísticas, es diciendo que organizó y reglamentó la interacción entre las historias clínicas. Creó, por así decirlo, los escaños o estancos, donde se iban ir poniendo cada caso, para propiciar una ordenada ("controlada" diría Foucault) extracción de las moralejas de las secuencias más típicas. Como la historia clínica, también las tablas estadísticas han sido modificadas repetidas veces, según los tiempos. No sería, creo, una exageración afirmar que la estadística comenzó por ser una sumatoria de narrativas (acumulación ordenada de casos similares), y que una parte fundamental de su efecto inicial se debió a eso. Poco a poco el elemento narrativo de los casos se fue diluyendo bajo el peso de la acumulación numérica. El refinamiento en la forma de agrupar los casos ha permitido que las inferencias bayesianas de efectos (y correlaciones) a causas probables se hayan vuelto cada vez más confiables. Pero como bien lo notó Anne

Fagot, el empleo de formas narrativas tiende a resurgir cuando se trata de recorrer, en el sentido histórico en que se dieron, las secuencias causales (en las que cada factor causal que aparece es probabilístico, no determinista). Cito: en medicina, "el proceso expositivo que restituye la secuencia causal no es una deducción de los efectos a partir de las causas, sino más bien un modo de desplegar, del modo más racional posible, una historia a la que no le hemos amputado ni las particularidades ni las contingencias. La muerte (por ejemplo) es el hecho final en una secuencia, no la conclusión de un argumento" (Fagot, 1980, p. 94). En cada momento de la secuencia, lo que había delante eran estados futuros más o menos probables, según la peculiar confluencia de factores causales. Como en una cadena de Markov, ningún estado determina el siguiente. La presencia de un factor causal que eleve la probabilidad de cierto estado podrá, si el estado se consigue, servir de explicación del mismo, aunque no lo haya implicado ni predicho.

La explicación basada en estadísticas en muchos aspectos no es tan disímil de la basada en historias típicas. Hay una estructura causal responsable del evento a la que tenemos acceso, ya sea a través de una narrativa que señale los nodos causales a observar, o de una tabla estadística de efectos que nos sirva de patrón de comparación de las causas probables. La contingencia de la cadena causal, y la de su comportamiento nos impide hablar de leyes. Pero nuestras estrategias dan acceso a perfeccionar nuestra capacidad tanto de explicar un suceso después de ocurrido, o de predecirlo con cierta probabilidad en un momento dado. Como afirmó el médico francés Duvillard, durante el periodo de transición hacia el uso de la estadística: al incrementarse nuestra evidencia (nuestra base de datos) relevante, los resultados de nuestras inferencias a partir de ella tendrán que revisarse, y nada garantiza que los resultados serán exactamente los mismos. Las generalizaciones que extraemos sólo nos dan un atisbo, un vistazo analítico, de la realidad, que no puede universalizarse. Pero como afirma Quine, la afinación de nuestro conocimiento de las cadenas causales no tiene límite. De ahí la naturaleza abierta de las investigaciones científicas. Hay que distinguir, sin embargo, como hace Richards, entre aumentar nuestro conocimiento teórico sobre las cadenas y relaciones causales "realmente existentes", y la labor de explicar los sucesos y hechos que ocurren. Una cosa es explicar un hecho y otra justificar los recursos explicativos que desplegamos, sean leyes o construcciones narrativas.

Un efecto importante de la proliferación en medicina del uso, primero de estadísticas y luego, a partir de Bernard, del método fisiológico-experimental, es una mayor estabilidad de las etiologías o tipos causales. Una crítica común, que empezó a hacerse desde el mero principio, es la

pérdida de la aprehensión individualizada de la enfermedad. Como lo muestra Montgomery Hunter, esto no es del todo cierto. Aunque relativamente raros, los diagnósticos y tratamientos idiosincráticos siguen haciéndose, y la sobrevivencia de los patrones narrativos (los estudios de caso, las historias clínicas, las anécdotas) en el seno de la comunidad médica brinda el servicio de atrapar y circular la información sobre las excepciones, las anomalías, los sucesos que no caben en los esquemas establecidos por la estadística. La narrativa le da lugar a las anomalías para que cumplan su función de cuestionar los sistemas etiológicos vigentes, las explicaciones aceptadas, y promover nuevas pesquisas (estadísticas o fisiológicas) que amplían nuestra capacidad de atisbar las complejas redes causales que conforman nuestros variables y complejos organismos inmersos en el también variable y complejo entorno.

#### LA EXPLICACIÓN EVOLUCIONISTA

Quisiera ahora trasladar, en un apunte breve, algunos de los puntos desarrollados hasta aquí hacia las discusiones en torno a la función explicativa en la biología evolucionista. Obviamente la analogía que estableceré tiene una validez limitada, y no debe estirarse demasiado, sin embargo creo que es posible apuntar con ella hacia posibles disoluciones de las tensiones que podemos encontrar entre filósofos neohempelianos (Schaffner, 1993, cap. 7) y los que asumen una posición más pragmática, causalista, ante la explicación. En otro artículo tendría quizá que ahondar un poco más.

Como se sabe, las discusiones comenzaron con la obra misma de Darwin. Su peculiar manera de construir su "*one long argument*" desconcertó a más de un filósofo. No es difícil leyendo *El origen de las especies* percibir la ejemplar manera de ir exponiendo, a través de narraciones, metáforas, datos, lo que el poeta ruso Osip Mandelstam llamó "un despliegue secuencial de signos" y una "colisión de series que se intersectan" y al hacerlo se refuerzan. (Véase en Mandelstam, 1991, "Darwin's Literary Style".) Pocas veces se ha cumplido tan cabalmente el *dictum* whewelliano de la convergencia de las inducciones. La acumulación gradual de signos, todos apuntando hacia la existencia de un mecanismo causal imperceptible de otro modo, en una escala *in crescendo* (otra vez tomo de Mandelstam), cumple ejemplarmente con los rasgos del paradigma indicial de Ginzburg. Como han mostrado varios investigadores (Beer, 1983; Levine, 1987; Mayr, 1983), muchos de los puntales del argumento de Darwin tienen una forma narrativa. Aunque de algún modo es natural que, viniendo de una centenaria tradición en historia natural,

Darwin usase narrativas, la ambición y eficacia teórica y explicativa de su trabajo les da a ésta funciones que antes no poseían. El patrón narrativo, por otro lado, ha seguido reapareciendo en muchas de las teorías, hipótesis y modelos que en los últimos 135 años se han construido al amparo del darwinismo. Menciono unos pocos: las historias de las distribuciones biogeográficas (migraciones, extinciones, etc.), las llamadas sucesiones bióticas, el efecto fundador de Mayr, el equilibrio puntuado de Gould y Eldredge. Por no mencionar las decenas de miles de historias sobre adaptaciones o conductas sorprendentes y caprichosas. También es posible encontrar en la historia del darwinismo casos en los que anomalías y perplejidades son captados y transmitidos por medio de narrativas. Uno muy notable es el de las conductas altruistas de los insectos sociales, apuntado por Darwin y resuelto magistralmente por William Hamilton hace apenas unos años.

El vínculo estrechísimo de la teoría de la evolución por selección natural con la particular historia de la vida en la Tierra es la fuente de la necesidad de que ésta permanezca siempre cerca de secuencias de eventos particulares, bien situados en el espacio y el tiempo. Se ha descrito muchas veces esta condena del darwinismo a ser como la historia. Y también muchas veces se ha rebatido esta condena (que sólo lo es, hay que aclararlo, para la mirada del formalismo más rígido).

Con la idea de que la fuerza explicativa real sólo puede venir de leyes o generalizaciones legaliformes, y de que todas estas apelaciones a la narratividad, o a otro tipo de procedimientos explicativos menos ambiciosos y más centrados en la contingencia, lo único que hacen es debilitar la aspiración de la biología evolucionista a ser una ciencia madura, un gran número de filósofos de la biología han tratado de dar a las teorías darwinista y neo-darwinista una estructura similar a la de las teorías físicas. (¡Pobre Darwin, tan lejos de la física y tan cerca de la historia, parecen suspirar, a veces!)

En consecuencia, se ha elucidado el argumento darwinista como una deducción ceñida a partir de premisas empíricas altamente corroboradas, se ha reconstruido la teoría de la selección natural con patrones de la lógica carnapiana de leyes generales e instanciaciones, y también con los de la visión semántica de modelos y aplicaciones, y alguien por Barcelona, creo, está intentando la reconstrucción estructuralista. Pienso que todas estas elucidaciones pueden ser esclarecedoras. Habría que hablar en otra ocasión de si lo que capturan en sus redes es la teoría darwinista, o la neodarwinista, o sólo nos dan una idealización de ellas. Lo que me interesa hacer ver aquí es que los formalistas se suelen empantañar en el terreno un tanto más imbricado de la pragmática, en donde mora la difícil bestia de la explicación. Elliot Sober, en sus polémicas



con Rosenberg y Williams sobre la fuente del poder explicativo del concepto de *fitness* (adecuación) ha insistido, en mi opinión con razón, en que la pura estructura matemática de, por ejemplo, la genética de poblaciones, es un cascarón hueco, sin agarre explicativo real, ya que empaqueta las causas verdaderamente eficientes en un parámetro sintético (*fitness*). Se trata de promesas de explicación en todo caso, pero no de explicaciones en sí. Éstas sólo se tienen cuando las investigaciones biológicas de campo o de laboratorio descubren las propiedades e interacciones causales (físicas) reales que se reflejan, finalmente, en las diferencias de adecuación. Muchas veces esta sustancia causal viene dada en forma de descripciones o modelos estructurales, otras en forma de narrativas (y aquí narrar en también una forma de modelar). La oposición a Sober de Rosenberg y Williams se basa, a su vez, en considerar que las estructuras y relaciones lógicas capturadas por los formalismos, o las reconstrucciones, como capaces de hacer necesarios, o altamente probables ciertos sucesos, una vez cumplidas ciertas condiciones. Para ellos, las relaciones generales avalan una explicación causal. Siempre que hay una causa hay, explícita o implícitamente, una ley detrás, escribe Rosenberg. Pienso que la sugerencia de Richards de pensar en esta cobertura (no siempre presente ni necesaria) de las regularidades como explicativas de las explicaciones, más que de los eventos en sí debe explorarse con atención, pues podría avanzar para resolver esta disputa. (Sober, 1984a; Rosenberg y Williams, 1985.)

Pienso también que quienes menosprecian la capacidad de los patrones narrativos de llevar sobre de sí verdadero trabajo explicativo no han valorado el papel real de éstos. Como hemos visto en el caso de las historias clínicas, también las historias evolucionistas pueden ser ejemplares. La descripción de la conducta en el tiempo de un dispositivo causal más o menos estable (así sea histórico y contingente), como la que hizo Darwin al explicar la radiación adaptativa de los pinzones en las Galápagos, no sólo da cuenta del caso particular. También establece un patrón a buscar cuando las condiciones que estabilizan tal dispositivo se encuentren otra vez (islas separadas del continente, cercanas entre sí, colonizadas por pocas especies, etcétera).

Hablaré muy poco de la estadística en relación con la teoría de la evolución. Sólo mencionaré lo que, siguiendo a Mayr, muchos repetimos: el pensamiento poblacional (*i. e.* estadístico) está en la raíz misma de la revolución darwiniana. Y en esa raíz está imbricada, como un uso complementario, la narrativa. En *El origen de las especies* el capítulo más crucialmente dependiente de una visión estadística de los fenómenos es aquel en el que Darwin intenta mostrar qué lo que ahora son especies antes fueron variedades, y de ese modo poner en crisis la barrera de la

especie. Su estrategia es mostrar que, en promedio, las especies que pertenecen a géneros más ramificados tienden a su vez a tener más variedades. Esa disposición se antojaría arbitraria si no existiese una tendencia o mecanismo a diversificarse más en ellas. La única diferencia entre las especies y las variedades sería, entonces, la antigüedad de su fundación u origen, la distancia que lo separa del nodo que le dio origen. Como ha mostrado Gillian Beer, la metáfora del árbol que se despliega en el tiempo le da a Darwin una serie de carriles o trenes manejables con historias y narraciones. De este argumento de Darwin, uno se queda, además de con la fuerza de su inferencia a la mejor explicación, con la imagen de un proceso o historia reiterativa que da como resultado el estado de cosas que encuentran sus estadísticas.

Algo muy similar puede decirse del procedimiento de los paleontólogos Eldredge y Gould para forjar su teoría de los equilibrios puntuados. Minuciosas y exhaustivas tabulaciones estadísticas sobre tasas de extinción y tiempos promedio de vida de un número dado de especies fósiles, son vertidos finalmente en una hipótesis de estabilidad prolongada con especiaciones abruptas, que es respaldada por narrativas ya esclarecidas, y que sugiere, a su vez, la búsqueda de historias similares que refuercen la teoría.

Se suele decir que la estadística permite cierta capacidad predictiva a las teorías biológicas. En la medida en que es un medio, a veces sumamente poderoso, para atisbar la conducta de ciertas estructuras causales en el tiempo, debemos dar la razón a quien lo hace.

Al igual que en la medicina, la asistencia de la narrativa para hilvanar las secuencias de causas (probabilísticas) y efectos sigue siendo ineludible. Lo probabilístico de las causas hace contingente el desenlace, y le da vaguedad a la predicción. Una peculiaridad del conocimiento que nos dan las narrativas es que con ellas podemos simultáneamente ver un evento o estado dado como una consecuencia "lógica", en el sentido de comprensible y aceptable, de una serie de estados y sucesos previos, que de un modo u otro la ocasionaron o propiciaron, y aceptar al mismo tiempo que el evento era impredecible. La predicción y la explicación están completamente desacopladas en ella, como en todas las ciencias y prácticas históricas. Si la muerte no es la conclusión necesaria de un argumento, tampoco lo son la extinción ni la sobrevivencia ni la adaptación.

Concluyo con una metáfora más (hurtada en parte de Sober): en la selva imbricada de las causas históricas, las lianas de lo narrativo y el machete de la estadística son ambos necesarios para hallar el camino.

## BIBLIOGRAFÍA

- Beer, Gillian (1983), *Darwin's Plots*, Ark, Londres
- Bruner, Jerome (1991), "The Narrative Construction of Reality", en *Critical Inquiry*, otoño, pp. 1-21.
- Fagot, Anne (1980), "Probabilities and Causes", en Agazzi y Gruender (comps.), *Pisa Conference Proceedings*, D. Reidel.
- Ginzburg, Carlo (1980), "Indicios", en *Mitos, emblemas e indicios: raíces de un paradigma indicial*, Edisa.
- Goodman, Nelson (1980), "Twisted Tales", en W.J.T. Mitchell (comp.), *On Narrative*, The University of Chicago Press.
- Gould S. J, y Eldredge N. (1977), "Punctuated Equilibria: Tempo and Mode of Evolution Reconsidered", en *Paleobiology* 3, pp. 115-151.
- Levine, George (1987), *Darwin and the novelists*, University of Wisconsin Press, Madison.
- Laín Entralgo, Pedro (1950), *La historia clínica, historia y teoría del relato patográfico*, Salvat Editores, Barcelona.
- Mandelstam, Osip (1991), "On the Naturalists", en *The Collected Prose & Letters*, Collins Harvill, Londres, pp. 336-343.
- Mayr, Ernst (1983), *The Growth of Biological Thought*, Harvard University Press.
- Montgomery Hunter, Kathryn (1991), *Doctor's Stories. The narrative structure of medical knowledge*, Princeton University Press.
- Quine, W. V., y J. S. Ullian (1970), *The Web of Belief*, Nueva York, Random House.
- Richards, Robert (1992), "The Structure of Narrative Explanation in History and Biology", en Nitecki M. y Nitecki D. (comp.), *History and Evolution*, Suny Press.
- Rosenberg, Alexander, y M. Williams (1985), "Fitness in Fact and Fiction", en *Journal of Philosophy* 82, pp. 738-749.
- Schaffner, Kenneth F. (1993), *Discovery and Explanation in Biology and Medicine*, The University of Chicago Press.
- Sober, Elliot (1984a), "Fact, Fiction and Fitness", en *Journal of Philosophy*, 81, pp. 372-384.
- (1984b), *The Nature of Selection*, MIT Press, Bradford Book.
- White, Hayden (1980), "The Value of Narrativity in the Representation of Reality", en W.J.T. Mitchell (comp.), *On Narrative*, The Chicago University Press.

## XV. EL TRABAJO DE BARBARA McCLINTOCK Y SU RELACIÓN CON LA ARTICULACIÓN DE UN PATRÓN DE EXPLICACIÓN EN GENÉTICA

ANA BARAHONA

### INTRODUCCIÓN

BARBARA McCLINTOCK (1902-1992) fue una brillante científica conocida por sus estudios citogenéticos de la coloración de los granos de la mazorca de la planta del maíz. Durante los años cuarenta, McClintock propuso que los genes podían moverse o cambiar su posición en los cromosomas. Localizó y describió el primer gen móvil del brazo corto del cromosoma número 9 de la planta del maíz. Por estos descubrimientos, McClintock obtuvo el Premio Nobel en Fisiología o Medicina en 1983. Aunque desde 1948 McClintock hablaba de la movilidad o transposición genética como un mecanismo causal que relaciona diferentes niveles de organización, en su tiempo estas ideas no fueron aceptadas o incorporadas al marco teórico de la genética, lo cual ha generado muy diversas explicaciones por parte de los historiadores y sociólogos de la ciencia.<sup>1</sup> Sin embargo en este trabajo yo quiero establecer que estas interpretaciones son insuficientes para mostrar la negación de la comunidad científica de su tiempo al trabajo de Barbara McClintock sobre transposición genética. Entre las razones que considero más importantes están: primero, los patrones de desarrollo del maíz no eran bien conocidos; segundo, las técnicas experimentales diseñadas *ex profeso* por McClintock eran muy específicas (por ejemplo, la introducción de cromosomas rotos en el núcleo celular) y no se habían usado antes en plantas, y tercero, el modelo del mecanismo que ella proponía era muy complicado y construido *suigeneris* para el problema que ella quería resolver. La comunidad científica reconoció un "mecanismo general" de regulación genética de bacterias, virus, hongos, plantas y animales sólo cuando el desarrollo de la biología molecular permitió aislar los primeros genes móviles.

En este trabajo quisiera mostrar cómo el trabajo de McClintock dio una explicación causal que relacionaba diferentes niveles de organiza-

<sup>1</sup> E. F. Keller, *A Feeling for the Organism. The Life and Work of B. McClintock*, Freeman and Co., 1983, 235 pp; véase también N. Fedoroff y D. Botstein, *The Dynamic Genome. B. McClintock's ideas in the Century of Genetics*, Cold Spring Harbor Lab. Press, 1992, 422 pp.

ción.<sup>2</sup> La idea de McClintock era explicar las regularidades somáticas en las semillas de la mazorca del maíz, mediante determinadas configuraciones anulares de los cromosomas durante la mitosis, y con la capacidad mutagénica de los genes inestables. Al relacionar estos tres niveles de organización, McClintock propuso un mecanismo (la transposición) tan integral, que permitió que pudieran ser explicados muchos fenómenos genéticos que hasta entonces se pensaba que estaban relacionados con la inestabilidad genética.

#### CITOGENÉTICA DEL MAÍZ Y EL TRABAJO DE BARBARA MCCLINTOCK

McClintock nació en Hartford, Connecticut el 16 de junio de 1902, dos años después del redescubrimiento de las leyes de Mendel por Hugo de Vries en Holanda y Carl Correns en Alemania. Cuando terminó sus estudios de bachillerato en la ciudad de Nueva York, McClintock se inscribió en la Universidad de Cornell, Estado de Nueva York, en la Escuela de Agricultura; decisión que contó con la desaprobación de sus padres. Como no estaba permitido a las mujeres obtener el grado de "agronomía", McClintock se graduó en "botánica". En 1927 obtuvo su doctorado en botánica con la tutoría de Lester W. Sharp, un famoso profesor de citología del Departamento de Botánica.<sup>3</sup> McClintock estudió botánica básica así como estructura, función y evolución de las plantas.

Durante sus estudios universitarios en Cornell, McClintock se dedicó a estudiar la relación entre el comportamiento de los cromosomas y la genética, es decir, la citogenética. De acuerdo con Marcus Rhoades,<sup>4</sup> la citogenética del maíz empezó con la colaboración entre Barbara McClintock y Lowell F. Randolph. Randolph era, al igual que McClintock, alumno de L. Sharp. Esta relación fue importante para McClintock, pues ellos publicaron conjuntamente la primera descripción de una planta tri-

<sup>2</sup> La idea de Kauffman de que las explicaciones por articulación de partes muestran cómo se articulan conjuntamente partes y procesos para causar que el sistema lleve a cabo alguna función, puede aplicarse al desarrollo del trabajo de McClintock con la planta del maíz. Más adelante veremos como McClintock ve a la planta del maíz como algo que puede ser descompuesto en diferentes partes y procesos, que se observan en diferentes niveles de organización: el fenotipo, el nivel citogenético y el genético. Véase, S. A. Kauffman, "La explicación por articulación de partes en la biología y su búsqueda racional", en este libro.

<sup>3</sup> Lester Sharp escribió en 1926 un texto clásico, *Introduction to Cytology*, publicado por McGraw-Hill. McClintock aprendió con Sharp microscopía, microtécnicas y fotomicrografía.

<sup>4</sup> M. M. Rhoades, "The Early Years of Maize Genetics", en *The Dynamic Genome*, N. Fedoroff y D. Botstein (comps.) Cold Spring Harbor Lab. Press, 1992, p. 62.

ploide, es decir, con tres grupos de cromosomas, en lugar de dos como es el caso normal.

Posteriormente, y con la tutoría de Lester Sharp, el trabajo doctoral de McClintock consistió en estudiar las plantas triploides.<sup>5</sup> Determinó que se podían distinguir los 10 tipos de cromosomas bajo el microscopio tiñéndolos con acetocarmina. Identificó los cromosomas y los clasificó con base en su longitud, proporción de los brazos y posición de las regiones heterocromáticas. El cromosoma denominado número 1 fue el más largo y el 10 el más corto.

De hecho, uno de los primeros resultados importantes de McClintock consistió en mostrar que, contrariamente a lo que se sabía, los cromosomas meióticos (profásicos) eran un material muy bueno para estudiar la morfología cromosómica. Cada miembro del complemento meiótico del maíz se distinguía perfectamente por las características de la longitud y forma de los brazos. Posteriormente, McClintock extendería este conocimiento a los cromosomas de *Neurospora*, pero su primer uso de esta técnica fue asociar grupos de ligamiento con cromosomas específicos. Para llevar esto a cabo, McClintock construyó plantas trisómicas (plantas en las cuales ciertos cromosomas están representados por 3 cromosomas en lugar de 2). Examinándolas citológicamente se podría determinar cuál cromosoma estaba triplicado. Estas plantas se cruzaban con plantas de prueba y, por retrocruza, con plantas de prueba recesivas, obteniendo una proporción de 2:1 donde había cromosomas triplicados, en lugar de 1:1. También utilizó las propiedades citogenéticas para localizar rompimientos o translocaciones entre diferentes cromosomas y entonces fue capaz de mapear los genes y definir su posición con respecto al centrómero. Utilizando este conocimiento, H. B. Creighton y McClintock demostraron citológicamente que el intercambio cromosómico podía relacionarse con la recombinación genética.<sup>6</sup> Para ello montaron un complejo experimento que muestra la sofisticación y dificultades de las técnicas citogenéticas de la época. Otra contribución importante del periodo fue el reconocimiento de que una región particular de los cromosomas del maíz era responsable de la formación del nucleolo, al que llamó "organizador nucleolar", el cual tenía una localización discreta.<sup>7</sup>

De esta forma vemos como McClintock estaba completamente involucrada en el estudio y descripción de los cromosomas del maíz, pero no

<sup>5</sup> B. McClintock "A Cytological and Genetical Study of Triploid Maize", *Genetics* 14, 1929, pp. 180-222.

<sup>6</sup> H. B. Creighton, y B. McClintock, "A Correlation of Cytological and Genetical Crossing-over", en *Zea mays. Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 17, 1931, pp. 492-497.

<sup>7</sup> B. McClintock, "The Relation of a Particular Chromosomal Element to the Development of the Nucleoli", en *Zea mays. Z. Zellforsch. Mikrosk. Anat.* 21, 1934, pp. 294-328.

sólo eso, Barbara McClintock era una gran diseñadora de nuevas técnicas y métodos experimentales. Es un hecho que durante estos años gozaba ya del reconocimiento de sus maestros y colaboradores, el cual se basaba sobre todo en sus dotes de experimentadora.

#### LA LOCALIZACIÓN DE UN MECANISMO: LA TRANSPOSICIÓN GENÉTICA

En 1928 el descubrimiento del efecto de los rayos X sobre el material genético, logrado de manera independiente por H.J. Muller y Lewis Stadler, fue muy significativo para la genética, ya que permitió producir tipos "mutantes" a placer, sin tener que esperar a que aparecieran espontáneamente. Este descubrimiento abrió la puerta para estudiar el proceso de la mutación en organismos como *Drosophila* y el maíz. En 1931, McClintock visitó a Stadler, a quien había conocido en Cornell, en la Universidad de Missouri. Stadler había producido mutaciones en el maíz irradiándolos con rayos X. Años después McClintock escribió sobre esta visita:

Stadler me preguntó si podría ir a Missouri en el verano de 1931 para examinar los cromosomas de las plantas que habían sido irradiadas. Llegué temprano; fui directamente al campo; seleccioné las plantas mutantes. Encontré algunas plantas variegadas para un carácter específico [...] Esto fue extremadamente importante para mí, pues permitió un nuevo acercamiento al estudio del comportamiento de los cromosomas. No fue sino hasta el siguiente invierno, 1931-1932, cuando empecé a sospechar de qué se trataba todo esto. Regresé a Missouri al siguiente verano, 1932, y examiné estas plantas variegadas [...] Para mi sorpresa, encontré un hecho extraordinario: cromosomas anulares, los cuales se formaban inmediatamente después de la formación de la membrana nuclear [...] Esta observación y lo que pude aprender de ella, parecía obvia: dirigió mi atención por muchos años al estudio del comportamiento de los cromosomas.<sup>8</sup>

Hacia 1932<sup>9</sup> el estudio y descripción de los denominados "cromosomas anulares" la llevaron a relacionarlos con las mutaciones que éstos producían durante su replicación.<sup>10</sup> Esta relación causal hizo que McClintock pudiera diseñar experimentalmente un método para marcar los

<sup>8</sup> B. McClintock (1984), Conferencia dictada en la Universidad de Stony Brook, N.Y. *Archives of the American Philosophical Society*, Filadelfia, Pa.

<sup>9</sup> B. McClintock (1932), "A Correlation of Ring-Shaped Chromosomes with Variegation", en *Zea mays. Proc. Nat. Acad. Sci.* 18, pp. 677-681.

<sup>10</sup> En los cromosomas anillados, cada fenotipo modificado refleja un cambio en el contenido de cromatina del anillo.

cromosomas de manera que pudiera seguir su comportamiento a través de las duplicaciones celulares.<sup>11</sup>

Esta metodología consistió básicamente en que los cromosomas con forma de anillo producen dos cromátidas hermanas que se separan en la siguiente anafase mitótica. Conforme aumenta la cantidad de cromatina, la replicación conlleva un intercambio entre cromátidas hermanas que producen un anillo de doble tamaño (*double-sized*) con dos centrómeros. En este caso, cuando los centrómeros de las dos cromátidas hermanas se orientan hacia polos opuestos en la siguiente anafase, se forman dos puentes entre ellos. Estos puentes se tensan conforme los centrómeros se alejan entre sí y eventualmente se rompen en lugares no específicos y diferente para cada hebra. Cada núcleo telofásico recibe un cromosoma lineal, cuyas terminales se acaban de formar por el rompimiento. Estos dos extremos se encuentran y fusionan restableciéndose así la forma anillada del cromosoma con un solo centrómero, pero alterado genéticamente ya que los rompimientos no son en sitios equivalentes. Estos extremos o terminales fragmentados no tienen pareja para fusionarse en la siguiente fase mitótica. La lógica de McClintock indicaba que había que introducir estos cromosomas para estudiar su comportamiento.

Con el uso de esta nueva metodología, McClintock pudo estudiar varios genes mutantes durante los años 1942, 1943 y 1944. McClintock mostró que con esta metodología podían producirse "mutantes" sin esperar a que aparecieran de manera espontánea. Es claro, de nuevo, que las habilidades "técnicas" y experimentales de McClintock eran excelentes.

Sus experimentos de 1944 fueron muy importantes para determinar la relación causal entre la mutación, las configuraciones de los cromosomas y la variegación en las plantas. Los resultados de esos experimentos representaron "una sorpresa increíble: aparecieron algunos mutantes esperados, pero en muchos cultivos había plántulas con patrones de variegación para la clorofila. Todos los segregantes de una misma mazorca tenían la misma expresión, pero las expresiones de diferentes mazorcas eran muy diferentes [...] Aparecieron cerca de 40 mutantes nuevos".<sup>12</sup>

Los patrones de estas variegaciones indicaban el momento y el tipo de mutación que los había causado, lo cual los convertía en excelentes instrumentos para continuar la investigación de McClintock. De los patro-

<sup>11</sup> McClintock estudió la meiosis o series de divisiones celulares que ocurren en las flores y dan lugar a las células germinales. B. McClintock (1938), "The Fusion of Broken Ends of Sister Half-Chromatids Following Chromatid Breakage at Mitotic Anaphases", *Missouri Agricultural Experiment Station Research Bulletin* 290, pp. 1-48.

<sup>12</sup> B. McClintock (1944), "Maize Genetics", *Carnegie Institution of Washington Year Book* 43, p. 127.



nes de distribución de las manchas se podría reconstruir la historia de los hechos genéticos que habían ocurrido durante el desarrollo de la planta. McClintock analizó bajo el microscopio los granos de las plantas variegadas y descubrió que el cromosoma 9 se había fragmentado y se había alterado su forma normal. En 1944 tenía 677 granos con el brazo corto del cromosoma 9 roto o fragmentado. Dada la cantidad de fenotipos mutantes que obtuvo, McClintock diseñó una nueva metodología, especial para estudiar los cromosomas fragmentados.

Primero, plantó algunos de estos granos. Las plantas resultantes fueron autopolinizadas y las mazorcas y las hojas fueron examinadas buscando expresiones mutantes. Con sorpresa, McClintock encontró que en algunas de ellas había variegación de diferentes grados y tipos en la distribución de clorofila en las hojas de las plántulas. Entre diferentes cultivos este patrón variaba, pero dentro de los cultivos el patrón era el mismo.

McClintock tomó aquellas plántulas con variegación y las transplantó a macetas para observar el patrón de variegación mientras se desarrollaba la planta. Los cambios en los patrones de variegación que aparecieron en ciertos sectores en las hojas eran la clave del proceso de la variegación, sobre todo sectores idénticos o gemelos que provenían de las mismas células.

Muy pronto reconocí que los cambios en los patrones de variegación que habían aparecido en sectores de estas nuevas hojas tenían la clave para entender los hechos que eran responsables de la variegación [...] Mi conclusión de estos sectores gemelos fue que durante el ciclo celular, una célula había ganado algún componente que la célula hermana había perdido, y que este componente era el responsable de regular (es decir, controlar) el proceso de mutación: esto es, su momento y frecuencia con que ocurría en el tejido de la planta.<sup>13</sup>

En 1944 observó plantas en las cuales la pérdida de los marcadores genéticos del brazo corto del cromosoma 9 ocurría de forma regular, de acuerdo con un patrón. También aparecían sectores gemelos en algunos granos. "Esto sugirió que los patrones de pérdida de los marcadores estaban controlados por el mismo mecanismo general que estaba controlando los patrones de variegación entre los mutantes de clorofila en las hojas. Debido a la expresión clara de las pérdidas de cromatina en estas semillas, en 1945 se inició el estudio de las plantas derivadas de ellas".<sup>14</sup>

<sup>13</sup> B. McClintock (1987), *The Discovery and Characterization of Transposable Elements. The Collected Papers of B. McClintock*, Garland Pub. Inc. Nueva York, p. ix.

<sup>14</sup> B. McClintock, *ibid.*, p. x.

McClintock estudió con especial interés un cultivo en el cual aparecía un comportamiento cromosómico "extraño", que involucraba la pérdida repetida de un fragmento de uno de los cromosomas 9 en las células durante el desarrollo. Analizando durante un año estos cultivos, se dio cuenta de que la pérdida era el resultado del rompimiento del cromosoma número 9, que tenía lugar en un sitio específico en su brazo corto, con la pérdida subsecuente del fragmento.

De esta forma, McClintock propuso que los rompimientos ocurrían debido a la presencia de dos genes inestables: uno disociador (*Ds*) y otro activador (*Ac*). El gen *Ac* provocaba la disociación en el lugar donde estaba localizado el gen *Ds*. El conjunto de estos dos elementos sería bautizado como la "familia de elementos controladores *Ac-Ds*" un año después, en el reporte de 1947.<sup>15</sup>

A partir de este momento McClintock observó las transposiciones o cambios de posición de los genes *Ds* y *Ac*. Estos genes aparecían en diversos lugares del brazo corto del cromosoma 9. McClintock reportó al menos 20 diferentes posiciones de ambos genes.

En 1948 McClintock estaba segura de que existía una relación causal entre estos genes, *Ds* y *Ac*, y la variegación de las plantas. Esta relación estaba dada por su movilidad durante el desarrollo de la planta, es decir, que la capacidad de estos genes de moverse y producir mutaciones "explicaba" la relación entre la inestabilidad y la variegación; en este año propuso por vez primera el término "transposición" para referirse al cambio de posición de los genes y su relación con los cambios en los patrones de variegación.

#### LA LENTA ACEPTACIÓN DE LA TRANSPOSICIÓN

Un conjunto de resultados obtenidos por otros investigadores comenzaron a ser inteligibles dentro de lo que McClintock llamaría "el juego de la transposición". El primero fue el descubrimiento hecho por Marcus Rhoades en 1950. Las cepas de maíz con las que Rhoades trabajó provenían del laboratorio de Edgar Anderson, su profesor de genética en el Instituto Tecnológico de California (CalTech), con quien Rhoades colaboró durante sus estudios de maestría. Rhoades encontró dos genes inestables que producían variegación y, según él, podría tratarse de un sistema igual al descrito por McClintock. Alex Brink llevó a cabo experimentos similares en la Universidad de Wisconsin. En 1948, Brink em-

<sup>15</sup> B. McClintock (1947), "Cytogenetic Studies of Maize and Neurospora", *Carnegie Inst. Wash. Year Book* 46, pp. 146-152.

pezó a trabajar con formas variegadas de pericarpio (capa externa de la semilla del maíz), encontrando un elemento genético que alteraba la aparición de mutaciones en el gen para la coloración del pericarpio. Él lo llamó "modulador del pericarpio" (*Mp*). Estos resultados fueron publicados en 1952.<sup>16</sup> McClintock recuerda la visita que le hizo Brink en Cold Spring Harbor en 1951. Brink llevaba consigo las fotos que ilustraban la acción de los genes mutables. "Se parecían tanto a los patrones producidos por *Ac* que yo le sugerí que usara mis cepas. Estos patrones demostraban que *Ds* estaba respondiendo a *Mp* de igual forma que respondía a *Ac*. Al nivel molecular, *Mp* y *Ac* parecían ser idénticos."<sup>17</sup>

Posteriormente, otros genetistas empezaron a "descubrir" genes inestables. En 1969, Melvin Green publicó un artículo demostrando el fenómeno de transposición en *Drosophila*.<sup>18</sup> Al año siguiente Green fue a visitar a McClintock a Cold Spring Harbor, y ante el desconcierto que había causado la publicación de su artículo, McClintock, en forma cálida y amable le respondió "Calma, no hay nada mal en tu artículo sobre la transposición, pero la gente aún no está lista para esto".<sup>19</sup> Efectivamente, a pesar de las corroboraciones mencionadas de los resultados de McClintock, la transposición o movilidad genética no fue incorporada al marco teórico de la genética de los años sesenta, ya que no sólo contradecía los principios elementales de la genética clásica, sino que además proponía un mecanismo causal complejo que era totalmente desconocido.

Para 1950, McClintock había concluido el estudio de las inserciones del elemento *Ds* en varios sitios del genoma y publicó sus resultados en las Memorias (*Proceedings*) de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos.<sup>20</sup> Años después, McClintock recordaría sobre este artículo:

Las reacciones a este reporte manifestaron que la tesis presentada y su prueba, no podían ser aceptadas por la mayoría de los genetistas o por otros biólogos. La genética estaba aún en un estado deficiente comparada con los rápidos cambios en los conceptos que ocurrirían subsecuentemente en los años cincuenta y sesenta, y no había una noción clara de la naturaleza del gen. El

<sup>16</sup> R.A. Brink y R.A. Nilan (1952), "The Relation Between Light Variegated and Medium Variegated Pericarp in Maize", *Genetics* 37, pp. 519-544.

<sup>17</sup> B. McClintock (1985), "First International Congress of Plant Molecular Biology", Plenary Session, Savannah, Georgia, *American Philosophical Society Archives*, Philadelphia, PA.

<sup>18</sup> M. M. Green, "Controlling Element Mediated Transpositions for the White Gen in *Drosophila melanogaster*", *Genetics*, 1969.

<sup>19</sup> M. M. Green, "Mobile DNA elements in *Drosophila*: The Impact and Influence of B. McClintock", en *The Dynamic Genome*, N. Fedoroff y D. Botstein (comps.) 1992, Cold Spring Harbor Laboratory Press, p. 121.

<sup>20</sup> B. McClintock (1950), "The Origin and Behavior of Mutable Loci in Maize", *Proc. Nat. Acad. Sci.* 36, pp. 344-355.

gen permanecía como una unidad hipotética hasta que se probara lo contrario.<sup>21</sup>

McClintock decidió no publicar más, ya que para ella era claro que sus resultados no iban a ser aceptados. "Solamente los resultados más destacados de mis estudios fueron reportados en el anuario de la Institución Carnegie de Washington."<sup>22</sup> Y más aún,

en retrospectiva, parece que las dificultades en la presentación de la prueba y argumentos de los elementos transponibles en los organismos eucarióticos, fueron atribuibles a los conflictos con los conceptos genéticos generalmente aceptados. La idea de que los elementos genéticos pudieran moverse a nuevas posiciones en el genoma no tenía precedente y no podía integrarse con estos conceptos. El genoma era considerado estable, o al menos no sometido a este tipo de inestabilidad.<sup>23</sup>

#### LA INCORPORACIÓN DE LA TRANSPOSICIÓN EN LA EXPLICACIÓN DE OTROS FENÓMENOS

La transducción fue un primer paso para que posteriormente se reconociera la transposición, en la cual un bacteriófago o virus es capaz de llevar trozos de material genético de un genoma bacteriano a otro. Lo que distingue a este fenómeno de la transposición es que los sitios de inserción, y consecuentemente de posibles delecciones o inserciones de genes bacterianos, parecen estar bien definidos y son fijos.

En 1972, en el congreso sobre "DNA Insertion Elements, Plasmids, and Episomes", en Cold Spring Harbor se introdujo de manera pública el término "elementos transponibles" para referirse a segmentos de material genético que pueden insertarse en distintos sitios en el genoma. A partir de entonces, las investigaciones más avanzadas consistían en refutar y contrastar las hipótesis que Barbara McClintock había propuesto para la transposición en el maíz. La transposición era aceptada en la medida que facilitaba el entendimiento de otros fenómenos, como la resistencia a los antibióticos.

De esta forma, por ejemplo, a principios de los años setenta empezó el trabajo de investigación con mutágenos en operones de *E. coli*, que parecían constituir una fracción de mutaciones espontáneas y poco frecuentes. Primero, no anulaban la función del gen mutado, pero sí inhibían los efectos de otros genes. Segundo, eran capaces de revertirse

<sup>21</sup> B. McClintock (1987), *The Discovery and Characterization of Transposable Elements. The Collected Papers of B. McClintock*, Garland Pub. Inc. Nueva York, p. x.

<sup>22</sup> *Idem*.

<sup>23</sup> *Idem*.

espontáneamente, y, tercero, no tenían respuesta a agentes mutágenos, indicando que eran aberraciones cromosómicas.

Pronto se descubrió que estas mutaciones eran causadas por la inserción de un grupo pequeño de segmentos específicos de ADN, denominados secuencias de inserción (IS) en un gen regulador o estructural. Estas secuencias de inserción no eran ADN extraño, como los bacteriófagos o virus, sino material desplazado de otro sitio. Su inserción marcaba una mutación, y su escisión, una reversión. Si la escisión era precisa, se restauraba la función normal del gen. Cuando la escisión era imprecisa, la secuencia llevaba consigo un trozo de material adyacente, transportando este material a otra posición. Por este mecanismo, las secuencias de inserción podían causar deleciones, translocaciones e inversiones.

También se descubrió un fenómeno con implicaciones médicas en *Salmonella typhimurium* (agente causante de la tifoidea). Se identificó que los genes responsables de la resistencia a las drogas así como su rápida diseminación, se debía a su movilidad en el genoma, principalmente radicando en un trozo de ADN extracromosomal (plásmido). Los genes responsables de la resistencia parecían moverse del plásmido al bacteriófago, o del bacteriófago a la bacteria, de una posición del genoma a otra, de ahí a otro bacteriófago que pudiese llevarlo a otra bacteria, etc. Estos genes mostraban una estructura particular, pues a cada lado de estos genes existían secuencias de ADN invertidas (o repetidas), de tal suerte que podían unirse unas a otras por apareamiento homológico, formando una estructura característica de anillo que era visible en el microscopio. Esta observación permitió asegurar que estos elementos, llamados transposones, tenían secuencias repetidas en ambos extremos.

Varios autores proporcionaron evidencias de la transposición en *Drosophila*.<sup>24</sup> En la mosca de la fruta se ha encontrado una gran cantidad de "genes saltarines" con implicaciones directas en el desarrollo. En un grupo de ellos llamado complejo bitorácico (ya que controla el desarrollo de los segmentos del cuerpo), la transposición ha sido identificada como el mecanismo por medio del cual aparecen mutaciones que afectan la morfología de la mosca. Un elemento genético que se mueve de un sitio a otro puede ser responsable del cambio en las instrucciones del desarrollo, que permiten la formación de piernas en lugar de alas, o alas en lugar de una pieza del ojo compuesto, etc. Sin embargo casi todos estos fenómenos ligados con la transposición son anomalías, aunque se especula que los rearrreglos genéticos puedan ser una característica del desarrollo normal.

<sup>24</sup> Green, M. M. (1977), "The Case for DNA Insertion Mutations in *Drosophila*", en *DNA Insertion Elements, Plasmids and Episomes*, Cold Spring Harbor Lab., pp. 437-445.

En la biología molecular actual los transposones se utilizan para introducir genes de una especie en otra, frecuentemente en organismos sencillos como las bacterias, en las cuales se pueden clonar. En 1984, Nina Fedoroff aisló el primer gen del maíz por medio de transposones: el *bz* (bronce).<sup>25</sup> A raíz del uso de la transposición en la clonación de genes, se ha definido a un transposón, o elemento transponible, como un segmento discreto de ADN que es capaz de cambiar su posición en el genoma.

Ahora la movilidad puede demostrarse usando las técnicas de hibridación que eran desconocidas hace 20 años. En general, un transposón se caracteriza por su habilidad para integrarse en el ADN en alguna posición en el genoma y por lo tanto alterar la expresión del (de los) gen (es) en o junto al cual se ha insertado. La integración del elemento se manifiesta fenotípicamente como una mutación, aunque estas mutaciones inducidas por elementos transponibles a veces son inestables: el elemento puede escindirse de su posición original. En estas células, la expresión del locus es restaurada. Aunque la escisión frecuente puede ser la base de la "mutabilidad" de algunos alelos, los elementos transponibles pueden generar inestabilidad genética de otras maneras: rearrreglos de secuencias de ADN, incluyendo deleciones, duplicaciones, inversiones y translocaciones, las cuales pueden ocurrir dentro del elemento mismo o en sus vecindades alterando la expresión fenotípica.<sup>26</sup>

Así pues, a partir de su uso en la biología molecular se ha establecido la importancia de los transposones en tres vertientes principales: 1) pueden representar papeles importantes en la evolución; 2) están involucrados en el desarrollo, y 3) se han explotado para los propósitos de la ingeniería genética.

Este campo de la investigación genética y molecular, inaugurado por B. McClintock, constituye en la actualidad uno de los más versátiles de la biología molecular. Una de las consecuencias más importantes del reconocimiento y el uso de la transposición ha sido el poder superar la idea de la rigidez del material genético y la posibilidad de conectar los fenómenos regulatorios con la movilidad de los genes.

Es superfluo decir que nuestro entendimiento es virtualmente nulo acerca de cómo está conectada la división celular con cualquier fenómeno regulatorio

<sup>25</sup> N. Fedoroff, D. Furtek y O. Nelson Jr. (1984), "Cloning of the *Bronze* Locus in Maize by a Simple and Generalizable Procedure Using the Transposable Controlling Element", *Ac. Proc. Natl. Acad. Sci.* 81, pp. 3825-3839.

<sup>26</sup> McClintock, B. (1951a, 1956b y 1965a), McClintock, B (1951), "Chromosome Organization and Genic Expression", *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology* 16, pp. 13-47; McClintock, B (1956), "Controlling Elements and the Gene", *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 21, pp. 197-216; McClintock, B. (1965), "The Control of Gene Action in Maize", *Brookhaven Symp. in Biol.* 18, pp. 162-184.

[...] Sin embargo, ahora es claro que tales conexiones existen y que los patrones extraños en las semillas del maíz controlados por los elementos genéticos móviles son más bien casos típicos de desarrollo normal que procesos excepcionales.<sup>27</sup>

### CONCLUSIONES

McClintock, a partir de su enorme familiaridad con el comportamiento de los cromosomas y del desarrollo de nuevas técnicas y complejos diseños experimentales, reconoció por primera vez un fenómeno que era incomprensible para la genética clásica: la movilidad de los genes. Más aún, propuso un nuevo mecanismo que no había sido descrito anteriormente. Este mecanismo relacionaba diferentes niveles de organización: los genes inestables, los cromosomas anulares y el fenotipo o variegación de la planta. Ella misma corroboró sus hipótesis planteando otros experimentos en diferentes niveles de organización. Más tarde, la transposición o movilidad genética fue corroborada empíricamente también por otros investigadores. Sin embargo, hasta los años setenta, la comunidad científica no incorporó este descubrimiento a las teorías aceptadas. Ha sido una creencia común (y quizá tiene mucho de verdad) que ello se debió exclusivamente al hecho de que McClintock era una *científica*, que además se aislaba de sus colegas y le gustaba trabajar sola. Sin embargo, la reconstrucción que he presentado aquí muestra otro tipo de factores que podrían explicar el retraso en la aceptación de sus trabajos.

El reconocimiento al trabajo de McClintock tuvo que esperar hasta que la biología molecular, con el uso de nuevas técnicas, aislara los primeros transposones.

Además, el lenguaje difícil y la articulación de una explicación basada en un mecanismo causal, contribuyeron al retraso en la aceptación de la teoría de la transposición de los genes.

En la actualidad la movilidad genética ha sido ampliamente confirmada y aceptada y forma parte de nuestros conocimientos básicos sobre los genes y su expresión.

<sup>27</sup> Shapiro, J. (1983), *Mobile Genetic Elements*, Academic, Nueva York/Londres, p. 688.

## XVI. LA SÍNTESES DE LOS CONCEPTOS DE EVOLUCIÓN Y MECANISMO EN LAS EXPLICACIONES POR SELECCIÓN NATURAL

SERGIO F. MARTÍNEZ

### I

A PARTIR DEL SIGLO XVII el concepto de mecanismo fue propuesto por los filósofos mecanicistas como un marco normativo para formular explicaciones científicas, en la medida en que las explicaciones mecanicistas se consideran como las únicas capaces de generar conocimiento. Sin embargo, este concepto de mecanismo involucra una ambigüedad con importantes consecuencias para el planteamiento y desarrollo de controversias en la historia de la ciencia y la filosofía moderna. En particular, en este trabajo quiero mostrar cómo el examen de esta ambigüedad ilumina las discusiones filosóficas generadas en la segunda mitad del siglo XIX por la propuesta de Darwin de entender la evolución orgánica como un proceso mecanicista de selección de variantes generadas azarosamente.

### II

Descartes fue el primero en tratar de fundamentar filosóficamente la pretensión de que las únicas explicaciones que pueden darnos conocimiento científico son las mecanicistas. Para Descartes esta tarea tiene dos pasos: por un lado, pretende derivar de ciertas verdades metafísicas las leyes que rigen el comportamiento mecánico de los corpúsculos, de los cuales están compuestos todos los objetos materiales; por otro lado, pretende poder mostrar que todo proceso material es reducible a una explicación de lo que sucede mecánicamente a los corpúsculos involucrados en el proceso.

Como hicimos ver en el capítulo I la filosofía cartesiana promueve que todas aquellas supuestas "causas" de la tradición escolástica —antipatías, simpatías, atracciones, y toda la gama de "causas finales" que generaban explicaciones "teleológicas"— en el programa de Descartes se convierten en explicaciones espurias, no propiamente científicas.

Sin embargo, esta concepción del mundo integra dos nociones de mecanismo que es importante distinguir: por un lado, un mecanismo se re-



fiere a un proceso que puede describirse como un resultado deducible de las leyes del movimiento mecánico (esas leyes que Descartes pretendía derivar de verdades metafísicas), es decir, las leyes que rigen el movimiento de las partículas que constituyen todos los objetos y procesos físicos; por otro lado, un mecanismo es una analogía que sugiere una versión abstracta de la manera de funcionar de una máquina paradigmática: el reloj de pared en los siglos XVII y XVIII, la máquina de vapor en el siglo XIX, y la computadora en el siglo XX, por ejemplo. El problema es que en los filósofos mecanicistas hay una tendencia a pasar de una noción a la otra sin miramientos. Esto es entendible, dado que las leyes de la mecánica permiten explicar (y predecir) qué va a pasar con las partículas de un sistema, dada una determinada disposición inicial de éstas, de manera totalmente análoga a como una cierta configuración de las partes de un reloj nos permite predecir cómo va a funcionar el reloj. En ambos casos la idea es que el todo es reducible a las partes en un sentido preciso: *el comportamiento de un sistema material puede explicarse exhaustivamente a partir del comportamiento de las partes*. Sin embargo, esta pretendida delimitación del ámbito de las explicaciones que generan conocimiento (cierto) ignora diferencias importantes, desde un punto de vista epistemológico, entre las dos nociones de mecanismo utilizadas por los mecanicistas.

La explicación del sentido en el que el todo se reduce a las partes para la primera noción se apoya en la existencia de leyes que se aplican a todo objeto y proceso material porque se aplican a las partículas materiales que los configuran; mientras que, en el contexto de la segunda noción, la explicación de la relación del todo con las partes involucra un aspecto funcional teleológico. En este segundo sentido es muy difícil evitar que algún tipo de causa final no desempeñe un papel en las explicaciones mecanicistas. Veamos porqué.

El problema surge de diferencias entre los dos sentidos de "mecanismo" mencionados. Mientras que una explicación mecanicista en el primer sentido no requiere de nada más que de las leyes y la configuración material para formular con precisión una explicación, en el segundo sentido se requiere que seamos capaces de identificar y conocer la función o funciones del mecanismo como un todo, y esto requiere, a su vez, que seamos capaces de entender la función que desempeñan las partes del mecanismo en su constitución, y cómo estas partes, en última instancia, se explican a partir de las leyes de la naturaleza que permitirían reducir, por lo menos en principio, este segundo sentido de mecanismo al primero. De no establecerse este último requisito, la función de un mecanismo simplemente sería aquello que es identificable como la función del mecanismo con casi cualquier criterio que uno pueda pensar. Así, la función de una computadora podría ser la de detenedor de libros.

Se requiere, además, poder situar el mecanismo como parte de un todo. Un reloj mide el tiempo, un compás nos permite hacer círculos; pero en un mundo diferente, la función de la misma configuración material que en este mundo indentificamos como reloj podría ser generar un cierto tipo de ruido, o servir de adorno, y un compás en un mundo diferente podría ser un objeto de culto, o servir para escribir. Esto es, la identificación de la función o funciones del mecanismo no depende sólo de la relación de las partes componentes o internas, sino de la manera de como se sitúa ese mecanismo en un todo y, en última instancia, forma parte de un diseño del mundo.

Así, identificar correctamente la función del mecanismo involucra por lo menos un elemento teleológico inherente al supuesto de que hay un cierto diseño del mundo. Sólo en relación con ese diseño podemos tener conocimiento de las funciones del mecanismo, de lo que el mecanismo *hace*, y por lo tanto del sentido en el que el mecanismo forma parte del mundo. Ahora bien, la manera tradicional de evitar las implicaciones ontológicas de este elemento teleológico de la concepción mecanicista del mundo ha sido, desde Descartes, pretender que este componente teleológico es dispensable. Se sugiere que, por lo menos en principio, una explicación mecanicista en el segundo sentido no tiene implicaciones ontológicas más allá de las implicaciones ontológicas asociadas con las leyes y con el primer sentido de mecanismo.

Descartes, por ejemplo, en *El mundo o Tratado de la luz*, habla como si la universalidad de las leyes de la naturaleza no sólo implicara que todo fenómeno físico es explicable como un fenómeno mecánico en el sentido de ser derivable, por lo menos en principio, de una cierta configuración material y de las leyes que rigen el movimiento de las partículas constituyentes, sino que esa universalidad también determinaría cómo se constituyó nuestro mundo a partir de un caos inicial. Las leyes de la naturaleza harían que un mundo inicialmente caótico se transforme necesariamente en un arreglo muy similar a nuestro mundo, a un universo en el que habría los mismos planetas, las mismas estrellas, el Sol y la Luna. Descartes sugirió incluso que las leyes del movimiento nos permitirían explicar la formación de las montañas, los ríos y los mares, e incluso el crecimiento y la diversidad de las plantas y animales que conocemos.<sup>1</sup> Ciertamente, si las leyes de la naturaleza tienen esas implicaciones ontológicas, entonces el problema mencionado no aparece, pero se traslada

<sup>1</sup> *El mundo o Tratado de la luz*, UNAM, Mexico, 1986. Este libro fue escrito entre 1629 y 1633 pero publicado sólo en 1664 (póstumamente). Me refiero a pasajes como el siguiente:

incluso si Él no impone ningún orden o proporción en [la configuración inicial del mundo], sino que parte del caos más confuso y desordenado que puedan describir los poetas,

al problema de explicar cómo pueden las leyes de la naturaleza tener ese poder conformador de la ontología del mundo. En todo caso, el tipo de ley capaz de explicar la historia de los fenómenos tanto cosmológicos como geológicos y biológicos, no es el tipo de ley de interacción mecánica que Descartes pretendía derivar de principios metafísicos. En este punto, Descartes estaba haciendo entrar subrepticamente el tipo de implicaciones ontológicas propias del concepto de mecanismo en el segundo sentido, y por lo tanto algún tipo de causa final, en el contexto de explicaciones mecanicistas.

Ahora bien, otra manera de resolver la tensión entre estos dos conceptos de mecanismo es con el supuesto de un mundo cuya ontología es estática. Si la estructura ontológica del mundo que importa a la ciencia no está sujeta a cambios en el tiempo, entonces el diseño con respecto al cual identificamos los diferentes mecanismos y sus funciones está dado de una vez y para siempre. En este caso, el problema que plantea identificar correctamente un mecanismo se reduce al supuesto metafísico de la existencia de ese diseño estático único del mundo. Podemos tener divergencias de opinión respecto a cuáles son las funciones de un mecanismo, pero en última instancia hay un referente objetivo que nos permite decidir la cuestión sin ambigüedades y sin necesidad de relativizar nuestra respuesta a un cierto contexto. La revolución científica del siglo XVII mostró que los cielos estaban sujetos a las mismas leyes mecánicas que rigen a los fenómenos que podemos experimentar sobre la superficie de la Tierra, pero mantuvo, en un sentido importante, la vieja tesis aristotélica de que los cielos son el ámbito de lo incorruptible y la Tierra el ámbito de lo corruptible. Se pensaba que los cielos tenían una estructura eterna e incambiable, y que las leyes de la mecánica expresaban esa estructura atemporal. La naturaleza era como un mecanismo de relojería, cuyo funcionamiento podía perturbarse ligeramente, pero que, en esencia, estaba claramente definido y era caracterizable de una vez y para siempre. El conocimiento era conocimiento de esa estructura atemporal.

### III

Esta segunda estrategia fue la seguida por la tradición racionalista newtoniana durante el siglo XVIII, no sólo en la física, sino en toda la filosofía

las leyes son suficientes para hacer que las partes de ese caos se desenreden y se dispongan en tan buen orden que conformaran el mundo más perfecto, en el que no sólo seremos capaces de ver la luz, sino todas las otras cosas, generales y particulares, que aparecen en este mundo verdadero. (Capítulo 6, AT XI 34-35.)

natural, la economía política y otras áreas de la cultura.<sup>2</sup> Para racionalistas como Ettiene Bonnot de Condillac, y seguidores como Lavoisier en química, Adam Smith en economía, y Hutton y Lyell en geología, uno entiende la naturaleza de la misma manera que uno entiende cómo funciona un mecanismo de relojería: desarmando el mecanismo, estudiando las partes, y volviendo a rearmarlo. En principio el tiempo aquí desempeña un papel dispensable en la explicación de cómo funciona el mecanismo. Sólo porque no podemos estudiar las partes sin desarmar el mecanismo tenemos que estudiar al mecanismo a través del tiempo. Para un ser superior que pudiera estudiar las partes sin desarmar el mecanismo, y que tuviera inteligencia y memoria suficiente, el tiempo sería un factor dispensable para conocer la naturaleza.

El mundo del racionalista ilustrado era esencialmente eterno, y el desarrollo de la ciencia no parecía sino confirmar esa convicción. En su famoso *Sistema del mundo*, publicado en 1796, Laplace difunde esa concepción de la naturaleza y del conocimiento. Según Laplace, el sistema planetario, y el universo en general se comportan de una manera regular que sólo varía dentro de ciertos límites muy estrechos, y que constituye un orden que siempre ha sido y siempre será. Había perturbaciones en el orden natural, pero sólo eran locales y relativamente breves.

Laplace es famoso por haber propuesto una hipótesis de evolución estelar. Pero Laplace entendía esa evolución como la había entendido Descartes, como un proceso esencialmente ahistórico, explicable como el resultado de la aplicación de leyes mecanicistas que culminaban en un estado del universo que ya no estaba sujeto a ningún cambio sustancial en el futuro. Si el proceso empezara de nuevo, repetiría en lo esencial la misma secuencia de estados hasta llegar a su estado presente, y ese estado presente se entendía como un estado de equilibrio que existiría para toda la eternidad. Para Laplace y sus seguidores racionalistas, la ontología básica del mundo es de estados, no de procesos; todo cambio tiene lugar con respecto a ciertos estados de equilibrio, aquellos estados en los que convergen los procesos naturales, y que propiamente se considera que constituyen la realidad.

Dentro de este marco de ideas hay cabida para un concepto muy limitado de proceso histórico. En particular, toda evolución tiene que entenderse como dirigida hacia un estado final. La nube gaseosa primitiva evoluciona hacia el sistema planetario tal y como existe hoy día, y un embrión evoluciona hacia la forma madura característica de la especie. Evolución en este sentido positivista, se caracteriza por estar dirigida a

<sup>2</sup> Este tema se desarrolla en el estudio de Norton Wise y Crosbie Smith "Work and Waste: Political Economy and Natural Philosophy in Nineteenth Century Britain", *History of Science*, xxvii (1989), xxviii (1990).

un estado. Asume como parte de la estructura del mundo los diferentes estados que constituyen el proceso, y en particular el estado final con respecto al cual se individualiza todo el proceso.

La famosa doctrina determinista de Laplace presentada en varios escritos a finales del siglo XVIII y principios del siglo XIX es una formulación de esta idea. En la versión más famosa de esta doctrina, Laplace nos dice lo siguiente: "Una inteligencia que por un instante pudiera comprender todas las fuerzas que animan a la naturaleza y la situación respectiva de los seres que la componen —una inteligencia suficientemente vasta para someter todos estos datos a análisis— abarcaría en la misma fórmula los movimientos de los cuerpos más grandes del universo y los de los átomos más ligeros, para él nada sería incierto, y el futuro, así como el pasado, estarían presentes a sus ojos". Nótese el supuesto implícito, a saber, la idea de que la estructura de la realidad es atemporal, y que sólo una deficiencia de nuestra inteligencia nos impide entender en un solo pensamiento, con una sola ontología básica, toda la realidad. El tipo de evolución que puede tener lugar en ese tipo de universo lo denominaremos *evolución dirigida a un estado*. En un sentido importante, que procedemos a explicar, este concepto de evolución es ahistórico.

En primer lugar requerimos un poco de terminología. Diremos que un hecho es *coyuntural* si tanto que se dé tal hecho, como que no se dé, son ambos compatibles con la estructura causal del mundo en un momento dado. Diremos que *un proceso es histórico si su caracterización (o explicación) requiere hacer referencia a hechos coyunturales*.<sup>3</sup> Con esta caracterización mínima de lo que vamos a entender por un proceso histórico podemos decir que la doctrina laplaciana determinista, y en particular la concepción característica de todo proceso evolutivo del positivismo ilustrado es ahistórica.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> Por supuesto que ésta no es sino una caracterización muy escueta tanto de hecho coyuntural como de proceso histórico. Elaborar esta idea requeriría mostrar cómo este concepto de proceso histórico está relacionado con la estructura narrativa propia de las explicaciones históricas.

<sup>4</sup> El artículo "Evolution" de Robert Richards, en *Keywords in Evolutionary Biology*, E. Fox Keller y E. A. Lloyd (comps.), Harvard U. Press, 1992, es una historia sucinta de la manera en que el concepto fue introducido a la biología en el siglo XVII y cómo fue utilizado en embriología y posteriormente en otras áreas de la biología. Richards considera que Darwin retiene en buena parte ese concepto de dinámica progresiva dirigida a un fin (el bien de las criaturas) distintivo de la tradición positivista. Ésta es una tesis bastante controvertida que Richards desarrolla en su libro *The Meaning of Evolution*, The University of Chicago Press, 1992. El concepto de "evolución dirigida" que introduzco arriba permite entender un sentido crucialmente importante en el que Darwin se separa de esa tradición ilustrada, en la medida que abandona la idea de evolución dirigida a un estado, si bien me

Este ahistoricismo de Condillac, Lavoisier, Lagrange y Laplace, fue elaborado y difundido en la Gran Bretaña por medio de los trabajos en geología de Hutton y Lyell, y de manera sistemática en uno de los libros más influyentes en la filosofía de la ciencia del siglo XIX, el *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy* (Discurso preliminar sobre el estudio de la filosofía natural), de John Herschel, publicado en Londres en 1830.

#### IV

Herschel, como muchos otros filósofos naturales a principios del siglo XIX, había estado involucrado en una serie de discusiones acerca de la naturaleza del conocimiento histórico. En particular, Herschel participó en una álgida controversia acerca de la hipótesis de que las estrellas evolucionan. Según esta hipótesis habría un típico proceso de "maduración" característico para una estrella, como lo había para los organismos vivos. ¿Podría ser que nuestro sistema solar hubiera surgido de una "nube" estelar y evolucionado hasta su estado presente por medio de un proceso explicable por leyes mecanicistas? A finales del siglo XVIII algunos astrónomos pensaban que los diferentes estados en los que podían observarse las estrellas apoyaban esa idea. Hipótesis evolucionistas similares habían sido exploradas y acaloradamente discutidas a finales del siglo XVIII en la biología y la geología. Erasmus Darwin, el abuelo de Charles Darwin, es famoso por haber explorado este tipo de hipótesis evolucionista para los seres orgánicos.

Herschel, como muchos de sus contemporáneos positivistas, rechazaba ese tipo de hipótesis como meras especulaciones sin ninguna base científica. Según Herschel, la supuesta evolución estelar (y algo similar pensaba de la evolución orgánica) se basaba en una analogía muy difícil de sostener entre las aparentes gradaciones que podían observarse en el estado presente de las estrellas y una supuesta evolución entre diferentes estados de una misma estrella. *En todo caso, de haber una analogía esta debería de funcionar en la dirección inversa. Cualquier aparente evolución debería servirnos para descubrir las relaciones existentes entre las cosas, el tipo de relaciones que podían constituir conocimiento.*

Éste es también el tipo de evolución ahistórica (dirigida) ejemplificada en la teoría climática de Charles Lyell; uno de los libros más influyentes de la primera mitad del siglo XIX, y un libro que va desempeñar un papel muy importante en el desarrollo intelectual de Darwin y su gene- parece que Richards está en lo correcto en sostener que Darwin retiene aspectos teleológicos distintivos del concepto de evolución ilustrado. Este tema lo trato a fondo en el trabajo "Sobre los conceptos de evolución y progreso en el siglo XIX", en esta obra.

ración, *Principles of Geology*.<sup>5</sup> Para Lyell, como para Herschel, una teoría científica de fenómenos tan complejos como el clima y la vida sólo podía consistir en una descripción de regularidades que satisfacerían ciertos criterios metodológicos, pero que no podían formar parte de la explicación naturalista de un proceso propiamente histórico. Para Lyell, como para Herschel, ninguna pregunta acerca del origen de un proceso no podía culminar en una respuesta genuinamente científica, por lo menos en la medida que una respuesta de ese tipo requeriría algo más que el establecimiento de regularidades atribuibles a causas verdaderas, esto es a causas descriptibles por leyes atemporales (y de aplicación universal).

La teoría geológica de Lyell parte del supuesto de que el mundo pasa por ciclos, unos muy largos y otros muy cortos, pero que esencialmente es estático. Las diferentes formaciones geológicas, así como las diferentes especies biológicas aparecen y desaparecen de nuestra vista, pero la ontología del mundo siempre es la misma: las fuerzas que van produciendo las diferentes eras geológicas junto con su fauna y flora. En este contexto, preguntarse acerca del origen de la vida, más allá del establecimiento de correlaciones entre fauna, flora y clima, por ejemplo, sólo podía terminar en especulaciones sin fundamento científico.

Este tipo de perspectiva ahistórica de la ciencia y de la evolución en particular, predominante a finales del siglo XVIII empieza a ser seriamente cuestionada en el siglo XIX y en particular a partir de la tercera década del siglo. Uno de los cuestionamientos más importantes y sistemáticos de esa concepción de la ciencia proviene de William Whewell, uno de los representantes más notables de la teología natural en la primera mitad del siglo XIX en Inglaterra, y acérrimo crítico de Darwin. Entender por qué Whewell es a la vez un crítico de la concepción ahistórica del conocimiento promovida por Herschel, y un crítico del historicismo darwiniano va a ser crucial para comprender lo novedoso del tipo de síntesis entre mecanismo y evolución propuesto por Darwin.

## V

Whewell y Herschel estuvieron enfrascados durante varias décadas de la primera mitad del siglo XIX en una controversia acerca de la naturaleza del conocimiento. Mientras que para Herschel, y la tradición del positivismo ilustrado que él representa, una explicación científica consistía en explicar por medio de leyes de correlación, en el supuesto de un diseño

<sup>5</sup> Charles Lyell, *Principles of Geology*, 1830-1833. Una versión facsimilar de la primera edición ha sido publicada por Chicago University Press en 1990, Chicago y Londres.

del mundo que se asumía inmutable, para alguien como Whewell, *explicar* involucraba situar un estado de cosas en el contexto de un plan divino. Este plan divino se concretaba en un diseño que iba cambiando, y esos cambios no tenían porqué ser accesibles a nuestra inteligencia.<sup>6</sup> Whewell, siguiendo en esto a Newton, pensaba que Dios no sólo era responsable del diseño de las leyes eternas, sino responsable de la ejecución de esas leyes por medio de decisiones que para nosotros podrían parecer azarosas.

El diseño divino no era estático sino dinámico. La ciencia no podía asumir que había estados que podían servir como puntos de referencia para explicar procesos, por ejemplo el estado presente del sistema solar. El estado presente del sistema solar podía ser simplemente un estado entre otros. Nótese que lo que Whewell cuestiona es precisamente el supuesto de que podemos identificar un mecanismo o su función a través de un supuesto de diseño, porque, según Whewell, el diseño no tiene porqué ser accesible a nuestra razón.

Para alguien como Whewell, lo que está mal con una concepción ahistoricista como la de Herschel no es la pretensión de que no es posible explicar por medio de causas naturales un proceso histórico, sino su falta de reconocimiento de que la ejecución de las leyes de la naturaleza por Dios tiene implicaciones para el diseño del mundo. La acción de las leyes de la naturaleza requiere de un poder que haga mover toda la maquinaria, y este poder es Dios. De no ser por ese poder omnipresente todo el mundo se pararía muy pronto, como una gran maquinaria sin fuente de energía, o se estropearía por falta de cuidado. El universo de Whewell es dinámico, pero esa dinámica no es entendible en términos de causas naturales, sino a través de consideraciones teológicas.

Así, mientras que para Lyell y Herschel fenómenos como el surgimiento de una nueva especie podían ser objeto de estudio científico en tanto que nos restringiéramos a estudiarlos en términos de leyes de correlación, y más en general, en términos de aquellas causas que existen hoy día y existirán siempre, Whewell pensaba que si bien encontrar este tipo de correlaciones era factible, el tipo de conocimiento que podríamos tener a través de ellas era muy pobre.

Éste es el contexto filosófico en el cual Darwin formuló su explicación naturalista del origen de las especies, o más precisamente, del fenómeno de la adaptación de las especies a su ambiente y del origen de la diversidad de las formas vivientes.

<sup>6</sup> Una primera formulación de las ideas de Whewell se encuentra en *On Astronomy and General Physics*, que apareció en 1834 como el Tercer Tratado de Bridgewater, Londres, 1834, publicado por William Pickering.



## VI

Darwin escogió el siguiente epígrafe de Whewell para encabezar la primera edición de *El origen de las especies*: "En relación con el mundo material, podemos ir por lo menos tan lejos como para decir que podemos percibir que los sucesos no tienen lugar por medio de intervenciones divinas aisladas en cada caso particular, sino a través del establecimiento de leyes generales".

La controversia generada por la teoría de Darwin mostró que *lo que se entiende por "mundo material" y por "leyes generales" es parte central de una discusión filosófica que tiene que incluir un replanteamiento del concepto de diseño del mundo en un mundo históricamente constituido*. El mundo material de Darwin incluía suficientes elementos para explicar el origen de las especies sin recurrir a intervenciones divinas, directa o indirectamente, pero incorporaba aspectos contingentes (azarosos) en la estructura misma de sus explicaciones.<sup>7</sup>

Implícitamente Darwin pretendía que el azar desempeñara un papel explicativo en el diseño del mundo tal y como se nos presenta a nuestra experiencia, y esto era inaceptable para los filósofos naturales del siglo XIX. Darwin parecía sugerir que si bien podíamos asumir que Dios interviene en el mundo sólo estableciendo leyes generales, por lo menos algunas de estas leyes generales serían leyes indeterministas, leyes que caracterizarían el proceso de selección de variantes generadas por un proceso que no estaba acoplado a las necesidades de la especie.

Sin embargo, lo que para Darwin tenía un gran poder explicativo, para Herschel era "la ley de la confusión", y para Whewell una hipótesis "ni clara ni apropiada".<sup>8</sup> El desacuerdo entre Darwin y Herschel marca uno de los puntos neurálgicos en la filosofía de la ciencia hasta el presente. ¿Cuál es el papel de lo contingente en una explicación científica? En esta segunda parte del artículo veremos el papel que desempeña lo contingente en las explicaciones por selección natural que Darwin presenta en *El origen de las especies*.

Se tiene la idea de que después de un rechazo violento inicial, la co-

<sup>7</sup> Factores causales contingentes son todos aquellos factores (hechos) coyunturales que pueden desempeñar un papel causal en el desarrollo de un proceso.

<sup>8</sup> Para Whewell la biología no podía pretender haber llegado al estadio de desarrollo en el cual sería posible formular hipótesis matemáticamente, lo que Whewell consideraba necesario para la formulación "clara" de una ciencia. Whewell consideraba que un concepto se usaba de manera inapropiada si era usado fuera de su ámbito de aplicación apropiado. Utilizar conceptos mecanicistas para explicar el funcionamiento de las fuerzas vitales, era un ejemplo de un uso inapropiado de conceptos. Whewell elabora estas ideas en el segundo tomo de su famoso libro *The Philosophy of the Inductive Sciences*, cuya primera edición apareció en 1840.

munidad de biólogos aceptó rápidamente la teoría de la evolución de Darwin. Ésta es una verdad a medias. La idea de la evolución de las especies fue ampliamente aceptada en el lapso de unos veinte años después de la publicación de *El origen de las especies*. Pero la idea de que la selección natural es el mecanismo más importante en la explicación de la evolución de las especies no fue aceptada en el siglo XIX sino por una minoría. Es más, sólo con el desarrollo de la genética moderna y la llamada síntesis moderna en la biología en los años cuarenta de este siglo se puede decir que es aceptado plenamente el elemento central y distintivo de las explicaciones darwinianas.

Esta negativa a aceptar el elemento crucialmente novedoso de las explicaciones por selección natural, el uso de aspectos contingentes del mundo en el concepto de *mecanismo* por selección natural, es entendible si reconocemos que en el contexto de la filosofía natural precedente no había un marco conceptual apropiado para entender este recurso explicativo como parte de la ciencia. Como vimos, las explicaciones de la filosofía natural se anclaban en estructuras que no estaban sujetas a cambios en el tiempo, y por lo tanto excluían en principio la posibilidad de incorporar en las explicaciones aspectos contingentes del mundo (anclados en hechos coyunturales). El recurso a la contingencia en las explicaciones científicas continuó siendo problemático y oscuro durante todo el siglo XIX y una buena parte del siglo XX. Todavía hoy el papel de lo contingente en las explicaciones científicas es el problema de fondo en muchas teorías de la explicación, así como en una serie de problemas filosóficos asociados con el problema de la interpretación de la probabilidad.

Darwin mismo pensaba que la selección natural, en analogía con la fuerza de la gravitación universal en la teoría de Newton, era una ley de la naturaleza con aplicación universal en el mundo orgánico. Efectivamente, hasta cierto punto, en dos sentidos importantes, la selección natural tiene aplicación universal. En primer lugar, la manera como actúa la fuerza de selección en un organismo es la agregación de la manera como actúa en las diferentes partes del mismo. En segundo lugar, la "fuerza" de la selección natural actúa sobre todas las variaciones que se dan en los individuos de una especie, en un proceso gradual a través del cual cambios muy pequeños tienen efectos muy grandes en tiempos muy largos.

Sin embargo, la dinámica de las especies que pretendía explicar la teoría no podía explicarse meramente como una agregación de la acción de la selección natural en los diferentes individuos que componen una población a través de las generaciones. La diversidad y la complejidad de la vida no son una mera suma de los efectos de una fuerza, la selección

natural, que actúa sobre los diferentes individuos que forman parte de una especie. *El mundo biológico, a diferencia del mundo físico (clásico), está restringido en sus posibilidades futuras, no sólo por la organización presente de la materia, sino por la historia de la vida.* En la medida que la historia de la vida es el resultado de procesos causales que podrían haberse desarrollado de otra manera (*i.e.* que involucran hechos coyunturales), una teoría que explica esa historia tiene que incorporar elementos contingentes en la estructura de sus explicaciones.

Darwin vio muy claramente desde los primeros esbozos de su teoría, escritos a finales de los años treinta del siglo pasado, que este hecho hacía necesario introducir aspectos contingentes en las explicaciones biológicas. Schweber ha comparado el concepto de determinismo laplaciano examinado en la sección anterior, con una cita de una versión preliminar de *El origen* (el "Ensayo" de 1844), en la cual Darwin utiliza la misma metáfora de Laplace para explicar por medio del supuesto de una inteligencia superior los rasgos esenciales de su teoría. Dice Darwin:

Asumamos un Ser con una penetración suficiente como para percibir las diferencias imperceptibles al hombre entre la organización exterior y la interior, y con capacidades de previsión que se extienden por siglos para observar con el mayor cuidado y seleccionar cualquier rasgo que le interese para la cría de un organismo producido en las circunstancias anteriores; no veo ninguna razón por la cual él no podría formar una nueva raza [...] adaptada a nuevos fines. Puesto que hemos asumido que su poder de discriminación, su previsión y su constancia son incomparablemente mayores que la de los hombres, podemos suponer que la belleza y las complicaciones de las adaptaciones de las nuevas razas y sus diferencias de la cepa original son mayores que las diferencias que han sido producidas en las razas domésticas por los hombres.<sup>9</sup>

Como dice Schweber, mientras que para el ser superior de Laplace no existe el tiempo, ya que para él el mundo entero está presente a su inteligencia como algo acabado, para el ser superior de Darwin el tiempo es un elemento esencial, requerido para poder llevar a cabo su tarea. El ser superior de Darwin tiene que dedicarse con el mayor cuidado y constancia a su tarea de selección, no simplemente ve la causa de las variaciones y escoge la que más le conviene. Su superioridad no consiste en eliminar el elemento azaroso en la producción de variantes y el proceso de ensayo y error. *El ser superior de Darwin no busca eliminar el azar, al contrario, lo usa para sus fines.*

<sup>9</sup> Citado por Schweber en "Demons, Angels, and Probability: Some Aspects of British Science in the Nineteenth Century", en *Physics as Natural Philosophy: Essays in honor of Lazlo Tisza on his Seventy-fifth Birthday*, compilado por A. Shimony y H. Feshbach, MIT Press Londres-Cambridge, Mass., 1982, pp. 319-363.

La explicación de un proceso por selección natural, incluso para un ser superior, nos dice Darwin (si bien no con esas palabras), requiere que tomemos en cuenta la producción azarosa de variaciones, y por lo tanto el papel causal que desempeña los hechos coyunturales. La producción azarosa de variaciones es para el ser superior de Darwin la materia prima sobre la cual él puede ejercer su poder de selección. Darwin, sin embargo, no tenía los recursos conceptuales necesarios para refutar y rechazar la doctrina laplaciana que constituía el marco tradicional metafísico de la ciencia de su tiempo. En *El origen de las especies* (y en otros lugares) Darwin dice que expresiones como "las variaciones son debidas al azar" son incorrectas, simplemente nos sirven —nos dice Darwin— "para reconocer nuestra ignorancia de la causa de cada variación particular". Darwin, aquí, trata de plegarse a la concepción del azar predominante en su tiempo, pero el punto que quiero recalcar en este trabajo es que, implícitamente, en la estructura conceptual de su teoría, Darwin le reconoce al azar un papel central que no puede reducirse al de la concepción tradicional.

Lo distintivo de las explicaciones seleccionistas, y el papel que desempeña en la integración del conocimiento biológico, uno de los temas en los que Darwin puso mucho énfasis en su obra, no es compatible con la concepción tradicional del azar como mera ignorancia. El concepto de azar como mera ignorancia es compatible con la concepción atemporal de la ontología del mundo propia de la concepción desarrollada en el racionalismo newtoniano, pero entra en conflicto con el modelo de una explicación seleccionista que Darwin estaba proponiendo para la biología. Si lo azaroso de las variaciones era el producto de nuestra ignorancia, un ser superior debería de ser capaz de ver a través de esa ignorancia y de simplemente escoger (*i.e* decidir), no "seleccionar con cuidado y constancia", la variación que más le conviniera para el fin particular que tuviera en mente.

## VII

Ni Darwin ni sus contemporáneos vieron *explícitamente* este conflicto entre la concepción tradicional de azar y el tipo de explicaciones que Darwin proponía para la biología. Indudablemente, sin embargo, que el rechazo de Herschel y Whewell a la teoría de Darwin tiene su origen en el reconocimiento de esta tensión. Como veremos, la crítica de Herschel a Darwin es bastante significativa al respecto. Herschel ve claramente que Darwin está utilizando el azar objetivo como un recurso explicativo, y según él *el azar objetivo no puede ser un recurso explicativo en ninguna teoría que sea compatible con la metafísica atemporal implícita en la física*

*newtoniana*. (Sobre todo tal y como fue desarrollada por Lagrange y Laplace). La aceptación de la explicación de Darwin del origen de las especies obligaba a aceptar una tensión profunda en los fundamentos de la ciencia. Herschel y Whewell veían esta tensión, aunque quizás no llegaron a formular esta idea de manera explícita.

David Hull expresa una creencia muy extendida entre historiadores de la biología cuando afirma que: "La facilidad con la que Herschel, Whewell y Mill pretendían la verificación exacta de hipótesis y la exclusión de las cualidades ocultas de la ciencia por un lado, mientras que por el otro insistían en la intervención directa de Dios en los fenómenos naturales no es algo menos que esquizofrénico".<sup>10</sup>

Ciertamente, si se olvidan los argumentos y el marco conceptual de fondo del que estaban partiendo, se puede hablar de esquizofrenia, pero sólo así. Herschel, por lo menos, tenía muy claro que las teorías de Darwin y Newton no podían coexistir pacíficamente, y él no tenía dudas respecto a cuál estaba bien; vimos en secciones anteriores el trasfondo de esta convicción. En esta sección examinaremos más específicamente las razones de Herschel con relación al problema del origen de las especies.

El registro fósil había convencido a la generación anterior a Darwin de que había habido especies en el planeta que ya no existían, y que esos procesos de extinción y surgimiento de nuevas especies estaban relacionados con cambios en el ambiente. Ahora bien, supongamos que en un tiempo  $t$  existe una especie  $E$  en un medio ambiente  $M$ , y que en un tiempo posterior  $t'$  el ambiente cambia de  $M$  a  $M'$ . Si el mundo es determinista y el azar mera ignorancia de esas leyes, sólo puede haber transmutación de una especie  $E$  en una especie  $E'$  mejor adaptada al medio  $M'$ , por la acción de leyes generales acopladas a los cambios climáticos (que podrían describirse como cambios entre estados físicos de cosas). Va a depender de cómo se entiende exactamente el determinismo del mundo si esta doctrina es compatible con la ingerencia de Dios en el mundo a través de intervenciones aisladas. En todo caso, por razones más bien teológicas, Whewell, como muchos de sus contemporáneos, piensa que esas intervenciones divinas aisladas no son una alternativa posible.

Pero ¿qué posible tipo de causas naturales podrían dar cuenta de la obvia adaptación de las especies a su ambiente sin asumir algún tipo de diseño preestablecido? Ésta es la pregunta que responde Darwin utilizando causas que involucran hechos coyunturales (*i.e.* aspectos contingentes) de la historia de la vida para explicar tanto la existencia de la va-

<sup>10</sup> "Charles Darwin and Nineteenth Century Philosophies of Science", en *Foundations of Scientific Method: The Nineteenth Century*, R. N. Giere y R. S. Westfall (comps.), Bloomington Indiana, Indiana University Press, 1972, pp. 115-132. Incluido también en David Hull, *The Metaphysics of Evolution*, State University of New York Press, 1989.

riación no dirigida, como la manera en la que la selección es capaz de explicar los aparentes estados adaptativos de las diferentes especies con su medio ambiente, como parte de un proceso que no es identificable en relación con ningún estado en particular. Para Darwin, una nueva especie tiene las características que tiene, los caracteres distintivos de su género, debido a que es el producto de la descendencia de especies existentes anteriormente. Y debe su adaptación al ambiente, no a la previsión inteligente de algún ser superior, sino a las condiciones coyunturales que se dieron durante el proceso de especiación y que determinaron su divergencia de la especie ancestral.

Ahora bien, si el azar se entiende de la manera tradicional, como ignorancia de los procesos deterministas que son la causa de los fenómenos de los que tenemos experiencia, debiéramos esperar que sean cual sean las leyes (generales) que rigen la adaptación de las especies, éstas están perfectamente adaptadas a su ambiente, ya que las leyes estarían dadas por Dios, y Dios no legislaría leyes imperfectas. En todo caso, lo que habría sería una oscilación de las diferentes especies respecto a ese estado de adaptación perfecta que se asumía tenía que existir, pero la adaptación en ningún caso podría entenderse como un proceso histórico abierto en el tiempo, como un proceso que no puede predecirse hacia donde va.

Por el contrario, Darwin todo lo que requiere es que la adaptación sea suficiente como para ser la causa de la sobrevivencia de la especie. *Desde muchos puntos de vista la adaptación puede no ser perfecta.* Para Darwin la adaptación es un proceso, no un estado. Darwin encuentra una larga serie de ejemplos que hacen ver lo inadecuado de la hipótesis de que la adaptación es perfecta, un supuesto que, como ya dijimos era ampliamente compartido por sus contemporáneos. Hay, por ejemplo, unos pájaros carpinteros que viven en prados sin árboles y unos peces que caminan con las aletas. Ejemplos como estos refutan, según Darwin, la idea de que las especies están perfectamente adaptadas a su medio, y apoyan la idea de que *debe incluirse un elemento de contingencia en la explicación de un proceso adaptativo que queda abierto en sus posibilidades futuras.* A lo largo de su vida, Darwin continuó acumulando pruebas de este tipo de adaptación no perfecta que parecía surgir más bien del aprovechamiento de oportunidades y de características previamente adquiridas en el proceso evolutivo que de la previsión de ambiente a partir del supuesto de la existencia de estados de adaptación perfecta.

## VIII

Los libros de notas de Darwin nos permiten reconstruir el tortuoso camino que lo llevó a incorporar el azar en las explicaciones por selección natural.<sup>11</sup> Inicialmente, Darwin no le presta mucha atención al papel que puede desempeñar el azar en la explicación de la transmutación en la naturaleza. Darwin parece haber pensado que las variaciones azarosas, en el sentido de no acopladas a la selección, eran muy raras y no podrían explicar la adaptación de las especies. Darwin le atribuye un papel importante a las contingencias históricas en los procesos de descendencia de las especies, pero mantenía la idea de que una especie tenía cierto número de especies hijas en potencia; una determinación que no podía explicarse sino como parte de un diseño preestablecido. Eran los productos diferenciados de la generación sexual lo que constituía el dominio de la selección. La idea era todavía compatible con la teoría de Lyell, y Darwin podría ser entendido como tratando de especular acerca del mecanismo que generaba las correlaciones entre especies y ambiente que postulaba Lyell. Las variaciones en los productos de la generación sexual eran parte de los recursos con los que Dios había provisto inicialmente a las especies para que pudieran adaptarse a los cambios climáticos dentro de ciertos límites que por supuesto también estaban previstos.

En la teoría acabada, sin embargo, Darwin abandona la concepción tipológica de especie implícita en sus especulaciones anteriores. En la versión final de la teoría, las variaciones tienen su origen en las imperfecciones en el proceso de la producción de semillas. Aquí, lo contingente entra en el nivel del proceso material de la producción de variantes.

Examinemos con detenimiento los dos diferentes usos del azar en las dos versiones mencionadas de la teoría de Darwin. Con ellas puede ejemplificarse la diferencia entre una teoría en la que el azar se considera como algo que se busca eliminar, y otra en la que el azar entra a desempeñar un papel causal explicativo.

En la primera el azar se da en el contexto de un diseño preestablecido. La selección es simplemente parte del mecanismo de "aprendizaje" de su ambiente de una especie. Las posibles formas alternativas de la especie se reflejan en las diferentes variaciones, y cuando el ambiente cambia, algo hace que la especie responda generando variantes (cuyo número y características están fijas y por lo tanto tuvieron que haber sido el resultado de una previsión). Estas variantes son las que se ponen a dis-

<sup>11</sup> Esta reconstrucción se basa sobre todo en los trabajos de Jonathan Hodge, y en particular de su estudio "Natural Selection as a Causal, Empirical, and Probabilistic Theory", en Lorenz Kruger, Gerd Gigerenzer y Mary S. Morgan (comp.), *The Probabilistic Revolution*, vol. 2; "Ideas in the Sciences", MIT Press, 1987.

posición de la selección. En este caso, la variación es ciega en el sentido de que los individuos adultos de las diferentes variedades muestran una maduración distintiva, entre las cuales la selección va a privilegiar a unas variedades y a condenar a la extinción a otras. Sin embargo, la variación no es ciega en el sentido de que la selección actúa sobre alternativas cuya diversidad y diferencias no son explicables por factores contingentes. En este caso, el azar implícito en la explicación puede interpretarse como ignorancia de leyes deterministas o de las decisiones divinas que desempeñan un papel en la ejecución de esas leyes, y que constituyen el entramado sobre el cual se asienta el diseño original de la vida. Para Dios la variación no sería ciega, una especie podría pensarse como programada para transmutarse en otra dependiendo del ambiente, como Lyell pensaba que sucedía.

En el segundo tipo de teoría, el azar desempeña un papel estructural en las explicaciones en el sentido de que el azar no puede entenderse como un mero reflejo de nuestra ignorancia: el azar *es la expresión de un proceso causal*, surge de la *imperfección* del proceso por medio del cual se producen las semillas. Decir que las variaciones son el resultado de un proceso defectuoso es excluir la posibilidad de que ese proceso sea parte de un diseño atribuible a Dios, a menos que se esté dispuesto a aceptar que Dios produce diseños defectuosos. Pero hay más.

El hecho que la selección actúe sobre imperfecciones que se dan en la transición hereditaria hace del proceso de la selección de variantes un proceso ciego en el sentido que no puede entenderse el papel de la selección como meramente desempeñando un papel en la "ambientación" de la especie. En esta segunda versión de la teoría, la selección no es simplemente parte de un proceso de afinación de una armonía preestablecida, sino que se convierte en un mecanismo con capacidad de explicar por sí mismo el proceso de transmutación de las especies. La selección no toma en cuenta *directamente* la capacidad de los individuos de adaptarse a su ambiente, sino que actúa *indirectamente*, y en este sentido *ciegamente*, en la modificación de la producción de semillas (huevos y espermatozoides en los animales) sobre los que actúa la selección.

Aquí el azar entra estructuralmente en la explicación del proceso de transmutación de las especies de una manera que ya no puede interpretarse simplemente como ignorancia de un diseño preestablecido que se lleva a cabo mediante leyes deterministas de correlación. En la teoría final, el diseño de Darwin no es preestablecido, ya que incluye las imperfecciones de un proceso que se manifiesta en el carácter abierto de la evolución. Darwin no busca entender la evolución con relación a un estado, para él, la transmutación de las especies no tiene lugar dentro de límites preestablecidos por las propiedades de ciertos estados con res-



pecto los cuales fluctuaría o se aproximaría todo proceso de transmutación dirigido. Veamos ahora las consecuencias que tiene que reconocer esta distinción entre dos tipos de azar implícitos en las diferentes versiones de la teoría de Darwin.

## IX

Después de la publicación del *El origen de las especies*, en 1859, Darwin estaba muy ansioso por oír los comentarios de aquellos grandes filósofos de su tiempo de los que hemos hablado, Herschel y Whewell. De lo primero que Darwin tuvo noticia era que Herschel había dicho que la teoría de Darwin era "la ley de la confusión" (*the law of higgedly-piggedly*), una expresión muy despectiva que se usaba para describir un proceso que no se ajustaba a ningún orden. Posteriormente, en 1861, Herschel, elaboró una crítica un poco menos crítica, según él "el principio de la variación arbitraria y casual, y la selección natural como una teoría adecuada, *per se*, del pasado y del presente mundo orgánico, es tan inaceptable como el método de componer libros de los laputanos es una explicación satisfactoria de las obras de Shakespeare y del Principia".<sup>12</sup> Objeciones similares que no vamos a mencionar aquí fueron expresadas por la gran mayoría de los filósofos contemporáneos de Darwin.

*La objeción central a la obra de Darwin es clara, no es aceptable que en una teoría científica acerca de la evolución de las especies se elimine el uso de una "dirección inteligente" en favor de una explicación basada en la presencia de contingencias. Lo que Darwin mostró es que el supuesto de que la ciencia aspira a conocer un mundo estructurado por mecanismos atemporalmente caracterizables (según la segunda noción de mecanismo), congruente con una ontología de leyes y estados (según el primer sentido de mecanismo) va en contra de la sistematización de la experiencia, que debe ser la guía de todo buen empirismo. Darwin nos muestra que es crucial reconocer la necesidad de incorporar el azar en las explicaciones de procesos no dirigidos a un estado para poder explicar la evolución orgánica por medio de causas naturales.*

La objeción de Herschel era que el azar no puede explicarnos nada, puesto que explicar precisamente consistía en situar los hechos de la experiencia en un orden que se consideraba no azaroso. Para Herschel, como para muchos de los filósofos contemporáneos de Darwin, la preten-

<sup>12</sup> Herschel, en *Physical Geography of the Globe*, Edimburgo, Black, 1861. (Citado por David Hull en "Charles Darwin and Nineteenth Century...", véase nota 10). Esta es una referencia a uno de los pueblos que visitó Gulliver en sus viajes en los escritos de J. Swift. Los laputanos escribían libros formando palabras que se componían de letras tomadas al azar.

sión de Darwin equivalía a pretender que se podía explicar a partir del supuesto de una confusión. Para Herschel, la evolución de las especies era el tipo de fenómeno que necesariamente requería de una referencia a una "dirección inteligente", y por ello no era posible dar una explicación mecanicista del origen de las especies. Darwin contribuyó a que se malinterpretara su posición porque, si bien Darwin recurrió de diversas maneras a la analogía entre la selección natural y la fuerza de gravitación en la teoría de Newton, la selección natural está muy lejos de ser una fuerza en el sentido newtoniano, no sólo porque la selección natural no puede entenderse como una fuerza física, sino porque involucra al azar de manera esencial.

Ciertamente, al mismo tiempo que la discusión más fuerte acerca de la teoría de Darwin tenía lugar, se empezaron a introducir en la física conceptos (modelos y explicaciones) que involucran el azar de manera esencial, pero el reconocimiento de este hecho sólo tiene lugar como parte de la llamada revolución en la física, de la cual surge la física moderna, la física del siglo XX. Para los filósofos naturales del siglo XIX, casi sin excepciones, las explicaciones buscaban situar nuestra experiencia en relación con una estructura atemporal del mundo. Los aspectos dinámicos de la estructura última del mundo, en todo caso, se referían a un diseño que escapaba a las capacidades explicativas de la ciencia.

En resumen, en la medida que la evolución se piensa como un proceso que requiere de un estado con respecto al cual el proceso "sucede", Herschel tenía razón en rechazar la teoría de Darwin como metodológicamente insatisfactoria. Lo que Herschel no vio es que Darwin estaba proponiendo, cambiar el concepto mismo de mecanismo implícito en la tradición newtoniana positivista. Darwin proponía una síntesis entre el concepto de mecanismo y el de evolución que era impensable en el contexto de las concepciones tradicionales de mecanismo y de evolución. Darwin no es el único en su tiempo que estaba desarrollando teorías en las que el patrón de explicación mecanicista se somete a cambios importantes. Pero, ciertamente, la teoría de Darwin es uno de los mejores laboratorios para entender la compleja interacción entre diferentes corrientes culturales que a mediados del siglo XIX empieza a reconocer que todo tiene una historia, incluso nuestros conceptos de mecanismo y explicación.

## XVII. LA SELECCIÓN NATURAL COMO EXPLICACIÓN CAUSAL EN LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

FRANCISCO J. AYALA

### MITOS PRIMITIVOS

TODAS LAS culturas humanas tienen mitos sobre el origen del mundo, del hombre y de las demás creaturas. La tradición judeocristiana atribuye el origen de los seres vivos a su creación por un Dios omnipotente, quien proveyó a los pájaros de alas para que pudieran volar, a los peces de aletas y agallas para vivir en el agua, y al hombre de inteligencia para dar culto a su Creador.

Los filósofos de la Grecia clásica proponen mitos sobre la creación, algunos de los cuales tienen sabor evolucionista. Anaximandro propone que los animales pueden ser transformados de un tipo en otro. Empédocles especula que los animales se forman como un rompecabezas, juntando partes preexistentes que se ajustan unas con otras en combinaciones funcionales: una cabeza con un cuerpo y cuatro patas y cosas por el estilo.

Más cercanas a las ideas evolucionistas modernas son las nociones propuestas en la Iglesia cristiana primitiva por algunos padres de la Iglesia. San Gregorio Nacianceno (*ca.* 330-390) y san Agustín (354-430), por ejemplo, sostienen que no todas las especies de plantas y animales fueron creadas por Dios, sino que algunas se desarrollaron en tiempos históricos a partir de especies o "semillas" creadas por Dios. La motivación de estos autores religiosos no es describir un proceso científico, sino avanzar una explicación posible de un hecho religioso. La Biblia describe el Diluvio Universal y cómo Noé incluyó en el Arca una pareja de cada una de las especies vivientes. No hubiera sido posible en aquellos tiempos construir una embarcación suficientemente grande para incluir y mantener a todas las especies conocidas. San Gregorio y san Agustín concluyen, pues, en sus comentarios bíblicos que no todas las especies existían ya en la época del Arca de Noé; muchas especies aparecieron sólo después del Diluvio Universal.

### LA EDAD MEDIA Y EL SIGLO DE LAS LUCES

El interés por materias biológicas durante la Edad Media era virtualmente nulo. La posibilidad de que los organismos pueden cambiar me-

diante procesos naturales, aparece incidentalmente en los escritos de los dos grandes teólogos cristianos de la época, los dominicos san Alberto Magno (1200-1280) y su discípulo Santo Tomás de Aquino (1225-1274). No fue investigada como un tema biológico por los teólogos cristianos de la Edad Media, pero fue, de manera incidental, considerada como una posibilidad por muchos, incluido Alberto Magnus (Magno) y su estudiante Santo Tomás de Aquino.

Aquino se planteaba si era posible que larvas y moscas aparecieran espontáneamente en la carne putrefacta y otras materias en descomposición, tal como se creía generalmente en su tiempo. Investigó los argumentos filosóficos y teológicos en favor y en contra de tal creencia popular. Su conclusión es que no existen objeciones ni racionales ni teológicas en contra de la proposición de que seres vivos pueden aparecer por generación espontánea a partir de la materia muerta. Con su sentido común característico, Santo Tomás comenta al final de la discusión que él ni propone ni niega que tal cosa ocurra de hecho, pues esto es asunto de decidir no por los teólogos o filósofos, sino por los científicos.

La idea de progreso, particularmente la creencia en el progreso humano ilimitado, fue central en el pensamiento iluminista del siglo XVIII, particularmente en Francia entre filósofos como el marqués de Condorcet (Jean Antoine Caritat, 1743-1794) y Denis Diderot (1713-1784) y científicos como Buffon. Pero su fe en el progreso no los llevó a concebir una teoría de la evolución. El matemático Pierre Louis Moreau de Maupertius (1698-1759) admitía la generación espontánea y la extinción de especies, pero tampoco propuso una teoría de la evolución, esto es, la transformación de una especie en otra por causas naturales.

George-Louis Leclerc, conde de Buffon (1707-1788), uno de los grandes naturalistas de su tiempo, propuso una teoría del origen de las especies por procesos naturales. Los organismos, según Buffon, aparecen por generación espontánea como consecuencia de la asociación de moléculas orgánicas, de manera que puede haber tantos tipos de animales y plantas, como combinaciones viables de moléculas orgánicas. Pero, tal teoría tiene poco en común con la teoría de la evolución tal como se entiende en el sentido moderno. De hecho plantea explícitamente, y la rechaza, la posibilidad de que especies diversas puedan descender de un ancestro común.

En Inglaterra, el médico Erasmus Darwin (1731-1782), abuelo de Charles Darwin, en su libro *Zoonomia* especula sobre la transmutación de las especies vivientes, pero no las desarrolla en detalle. Sus ideas no tuvieron ninguna influencia real en las teorías evolucionistas subsecuentes.

Mucho más importante es la influencia del botánico sueco Carolus

Linneo (1707-1778), autor del sistema jerárquico para la clasificación de plantas y animales que está todavía en uso, aun cuando modernizado. Linneo mantiene la fijeza de las especies, que es una idea central de su sistema de clasificación. Pero, la organización jerárquica diseñada por Linneo eventualmente contribuyó de manera importante a que se aceptara el concepto de descendencia común y divergencia gradual, que implican relaciones jerárquicas de parentesco y diferenciación.

### LAMARCK

El gran naturalista francés Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) aceptaba la perspectiva iluminista de su tiempo, de que los organismos vivos representan una progresión de menos a más avanzados, con los humanos en la cumbre del proceso. A partir de esta idea, Lamarck propuso en los primeros años del siglo XIX una teoría de la evolución biológica, la primera que es detallada, extensa y consistente, aunque más tarde se demostrara que era errónea. Según Lamarck, los organismos evolucionan de manera necesaria a través del tiempo, en un proceso que va de formas menos complejas a formas más complejas. El proceso se repite incesantemente, de manera que los gusanos de hoy tendrán en eras remotas como descendientes a seres humanos, de la misma manera que los humanos de hoy descienden de gusanos del pasado. Sobrepuestas al proceso necesario de evolución gradual ascendente, se dan modificaciones en los organismos en tanto que estos se adaptan a su ambiente debido al cambio de sus hábitos. El uso de una estructura o un órgano lo refuerza, su desuso lleva a su eliminación gradual. Las características adquiridas por uso y desuso, de acuerdo con esta teoría, son heredadas. Esta idea, posteriormente llamada herencia de los caracteres adquiridos, fue ampliamente rechazada en el siglo XX. Aunque la teoría lamarckiana no resistió el avance de los nuevos conocimientos, contribuyó de manera importante a la gradual aceptación de la evolución biológica.

### DARWIN

El fundador de la teoría moderna de la evolución es Charles Darwin. Hijo y nieto de médicos, se inscribió como estudiante de medicina en la Universidad de Edimburgo. Después de dos años, abandonó los estudios de medicina y se fue a la Universidad de Cambridge, a prepararse para ser clérigo. No fue un estudiante excepcional, pero estaba profundamente interesado en la historia natural.

El 27 de diciembre de 1831, pocos meses después de su graduación en Cambridge, Darwin zarpó como naturalista a bordo del HMS Beagle en un viaje alrededor del mundo que duró hasta octubre de 1836. Darwin desembarcaba frecuentemente para explorar y coleccionar especímenes de plantas y animales. El descubrimiento en Argentina de huesos fósiles de grandes mamíferos extintos, y la observación de las numerosas especies de pinzones en las Islas Galápagos, se incluyen entre los sucesos que llevaron a Darwin a interesarse en cómo se originan las especies.

En 1859 publicó *The Origin of Species*, un tratado que expone la teoría de la evolución y, aún más importante, el papel de la selección natural en determinar su curso y explicar el diseño de los organismos. Publicó también muchos otros libros, entre ellos, *El origen del hombre y la selección en relación al sexo* (1871), que extiende la teoría de la selección natural a la evolución humana.

Darwin debe ser considerado como un gran revolucionario intelectual que inauguró una nueva era en la historia cultural de la humanidad. Darwin completa la revolución copernicana, que abarcó de los siglos XV al XVII con los descubrimientos de Copérnico, Galileo y Newton, que marcaron los principios de la ciencia moderna.

Los descubrimientos en astronomía y física de estos grandes científicos trastocaron las concepciones tradicionales sobre el Universo. La Tierra deja de ser el centro del Universo para convertirse en un pequeño planeta que gira alrededor del Sol, una más de las miríadas de estrellas que existen en el Universo. Las estaciones, las lluvias, las particularidades del clima, se convierten en procesos con causas naturales. Las rotaciones de los planetas son explicadas también por procesos naturales, regidos por simples leyes que son las mismas que explican el movimiento de proyectiles y otros cuerpos en la Tierra.

El significado global de estos descubrimientos no es simplemente que cambien ciertas opciones particulares, como la noción de que la Tierra es el centro del Universo. Más importante es que estos descubrimientos llevan a la concepción de que el Universo es un sistema de material en movimiento gobernado por leyes inmanentes. El funcionamiento del Universo deja de ser atribuido a la inefable voluntad del Creador y pasa al dominio de la ciencia, que es una actividad intelectual que trata de explicar los fenómenos del Universo por medio de causas naturales, y pueden predecirse siempre que las causas sean conocidas adecuadamente. La revolución copernicana consiste en la sustitución de una concepción animista del Universo, por una concepción causal; en el reemplazo de las explicaciones teológicas de los fenómenos naturales por las explicaciones científicas.

## LA REVOLUCIÓN DARWINIANA

Darwin demostró que los organismos evolucionan; que los seres vivientes, incluyendo al hombre, son descendientes de antepasados muy diferentes de ellos; que los seres vivientes están relacionados entre sí porque tienen antepasados comunes. Quien quiera tomarse el esfuerzo de estudiar las evidencias y de juzgarlas sin prejuicios no puede dudar que, por ejemplo, el hombre y los monos antropoides descienden de antepasados comunes que vivían hace unos diez millones de años; o que los mamíferos, del hombre al ratón y a la ballena, descienden de reptiles que vivían hace más de doscientos millones de años.

Pero más importante que la evidencia de la evolución es que Darwin proveyera una explicación causal del origen de los organismos: la teoría de la selección natural. Con ella, Darwin extiende al mundo orgánico el concepto de naturaleza derivado de la astronomía, la física y la geología, la noción de que los fenómenos naturales pueden ser explicados como consecuencias de leyes inmanentes, sin necesidad de postular agentes sobrenaturales.

La revolución copernicana había dejado fuera de su alcance el origen de los seres vivos con sus adaptaciones maravillosas: el ojo exquisitamente diseñado para llevar a cabo la función de ver, o la mano para asir, o los riñones para regular la composición de la sangre. Darwin completa la revolución copernicana, y con ello el hombre occidental alcanza su madurez intelectual: todos los fenómenos del mundo de la experiencia externa están ahora al alcance de las explicaciones científicas, que dependen exclusivamente de causas naturales.

Las dificultades aparentes superadas por Darwin no deben menospreciarse. Los seres vivientes dan evidencia del diseño, y donde hay diseño hay diseñador. Que el ojo del ser humano está constituido para ver y el ala del pájaro para volar, parece querer decir de manera irrefutable que alguien los ha diseñado específicamente para tales propósitos.

Antes de Darwin, las adaptaciones y la diversidad de los seres vivientes eran aceptadas como hechos sin explicación, eran atribuidas a la sabiduría omnisciente del creador. Dios creó las aves, los peces, las plantas, los planetas y, sobre todo, Dios creó al ser humano a su imagen y semejanza, a él le dio ojos para que pudiera ver, y a los peces agallas para que pudieran respirar en el agua. De hecho, los teólogos argüían que el diseño funcional de los organismos manifiesta la existencia de un creador sabio. En el siglo XIII, Santo Tomás de Aquino había formulado tal argumento en su "quinta vía" para demostrar la existencia de Dios. En el mundo anglosajón del siglo XIX, el teólogo inglés William Paley había argumentado en su *Natural Theology*, que es absurdo suponer que la or-

ganización compleja y precisa del ojo humano ha llegado a existir como resultado del azar.

Darwin acepta la premisa: los organismos están adaptados para vivir en sus ambientes —el pez en el agua, la cebra en la pradera y la lombriz en el intestino— y tienen órganos específicamente diseñados para llevar a cabo ciertas funciones —las agallas para respirar en el agua, las patas para correr y las alas para volar—. Darwin acepta la organización funcional de los seres vivos, pero da una explicación *natural* de tal organización. Con ello, reduce al dominio de la ciencia los únicos fenómenos naturales que todavía quedaban fuera de ella: la existencia y la organización de los seres vivos.

### LA SELECCIÓN NATURAL

Darwin resume el argumento central de la teoría de la evolución por medio de la selección natural, de la manera siguiente:

Dado que se producen más individuos que los que pueden sobrevivir, tiene que haber en cada caso una lucha por la existencia, ya sea de un individuo con otro de su misma especie, o con individuos de especies distintas, ya sea con las condiciones físicas de la vida [...] Viendo que indudablemente se han presentado variaciones útiles al hombre, ¿puede acaso dudarse de que del mismo modo lleguen a aparecer en otros organismos, en la grande y compleja batalla de la vida, variaciones útiles en el transcurso de muchas generaciones sucesivas? Si esto ocurre, ¿podemos dudar —recordando que nacen muchos más individuos de los que acaso pueden sobrevivir— que los individuos que tienen ventaja sobre otros, por ligera que sea, tendrán más probabilidades de sobrevivir y reproducir su especie? Y al contrario, podemos estar seguros de que toda variación perjudicial, por poco que lo sea, tiene que ser rigurosamente eliminada. A esta conservación de las diferencias y variaciones favorables a los individuos, y la destrucción de las que son perjudiciales, le he llamado yo selección natural. [Darwin, 1921.]

La explicación darwiniana de la evolución de los seres vivientes por medio de la selección natural es, como tantas otras proezas de la mente humana, extremadamente simple al mismo tiempo que poderosa. El punto de partida es la existencia de variaciones hereditarias, una observación que Darwin consideraba incontrovertible aun cuando ignoraba los mecanismos de mutación que dan origen a la variación hereditaria. Otro hecho de observación es que sólo una fracción de los organismos sobreviven hasta su madurez y se reproducen; la mayoría mueren antes de dejar descendencia. Basándose en parte en la experiencia adquirida por los ganaderos y agricultores que practican la selección artificial,



Darwin arguye que unas variantes hereditarias deben ser más ventajosas que otras, con respecto a la probabilidad de multiplicarse de sus poseedores. Es decir, los organismos que poseen variantes favorables tendrán una probabilidad mayor de sobrevivir y reproducirse que los organismos que carecen de ellas. Así pues, el proceso de la reproducción a través de las generaciones llevará al aumento gradual de las variantes hereditarias beneficiosas, y a la eliminación de las variantes desventajosas.

### CONTROVERSIAS

La publicación de *El origen de las especies*, en 1859, tuvo gran repercusión en la sociedad de su tiempo, inmediatamente en Inglaterra, pero en seguida también en el resto de Europa y América. El libro se convirtió en tema de salón sujeto a vehementes ataques y aún al ridículo. Científicos, políticos, clérigos y notables de todo tipo discutían el libro, defendiendo o negando las ideas de Darwin. Los ataques mencionaban frecuentemente al origen de los humanos "a partir del mono" como proposición ofensiva e inaceptable. Pero, subyacente a ésta y otras críticas, residía una objeción más fundamental: la que se opone a la explicación del diseño en el Universo, particularmente el diseño de los seres vivos, por medio de causas naturales. Dios, el gran diseñador de la concepción de Aquino y Paley, queda remontado en el mejor de los casos, al papel de creador del mundo original y de sus leyes inmanentes, en vez de ser responsable de la configuración y operación de los organismos y del resto del Universo.

El actor más visible en las controversias que siguieron inmediatamente a la publicación del libro de Darwin fue Thomas H. Huxley (1825-1895), conocido como el alano (*bulldog*) de Darwin. Huxley defendía la teoría de la evolución con discursos articulados y a veces mordaces en presentaciones públicas, y también con numerosos escritos tanto populares como científicos.

Ocasionalmente, también participó en las discusiones el naturalista Alfred Russel Wallace (1823-1913), quien concibió la idea de la selección natural independientemente de Darwin. En 1858, desde el Archipiélago Malayo, en donde vivía temporalmente, Wallace había enviado un corto manuscrito a Darwin proponiendo el proceso de selección natural. El 1º de julio de 1858, un año antes de la publicación de *El origen de las especies*, un artículo escrito conjuntamente por Darwin y Wallace fue presentado en una reunión de la Sociedad Linneana de Londres, en ausencia de ambos autores, al parecer con muy poco efecto en los científicos presentes. La situación cambiaría dramáticamente un año más tarde con la publicación del libro de Darwin, que tuvo una repercusión inmediata.

Al igual que Darwin, Wallace siguió publicando durante el resto de su vida sobre la evolución y la selección natural. Se le da mucho más crédito a Darwin que a Wallace por la idea de la selección natural porque Darwin desarrolló la teoría con mucho más detalle, presentó más evidencias a su favor, y fue el principal responsable de su aceptación general. La teoría de Wallace difiere de la de Darwin en varias cuestiones importantes. Merece destacar que Wallace niega que la selección natural sea suficiente para demostrar el origen del hombre, lo cual requiere, según Wallace, una intervención divina directa.

Un contemporáneo de Darwin que tuvo considerable influencia hacia finales del siglo XIX y principios del XX, fue Herbert Spencer (1820-1903). Spencer era un filósofo más que un biólogo, pero se convirtió en uno de los proponentes más radicales de las teorías evolutivas y popularizó varias expresiones, como "sobrevivencia del más apto" (que fue incorporada por Darwin mismo en las últimas ediciones de *El origen de las especies*). Spencer extendió la teoría darwiniana a especulaciones sociales y metafísicas. Sus ideas dañaron considerablemente la comprensión adecuada y la aceptación de la teoría de la evolución por selección natural. En privado, Darwin despreciaba las especulaciones de Spencer; en una carta escribe: "Su manera deductiva de tratar cualquier tema es completamente opuesta a mi manera de pensar [...] Sus generalizaciones fundamentales (¡que han sido comparadas en importancia por algunas personas con las leyes de Newton!) pudieran tal vez ser muy valiosas desde un punto de vista filosófico, pero no me parece que sean de ninguna utilidad científica". Entre las ideas de Spencer, la más perniciosa fue la extrapolación de la noción de "lucha por la existencia" a las actividades económicas y sociales humanas, dando lugar a lo que se conoce como darwinismo social.

#### MENDEL Y LA GENÉTICA

La dificultad más seria con que se enfrentaba la teoría evolucionista de Darwin, era la falta de una teoría de la herencia que pudiera explicar la reproducción, de generación en generación, de las variaciones sobre las que actúa la selección natural. Las teorías de la selección aceptadas en aquellos tiempos proponían que en los hijos se mezclan las características de sus progenitores. Como Darwin notaba, si la herencia es "mezclada", no es fácil explicar el efecto de la selección natural al multiplicar las variaciones favorables. Si existe una variante ventajosa en un individuo dado, la ventaja se reduciría a la mitad en sus hijos, al mezclarse con la variante menos ventajosa presente en el otro padre. Las variantes favorables se diluirían rápidamente de generación en generación. El eslabón

que faltaba para completar la cadena del argumento darwiniano era la genética mendeliana.

Durante la década de 1870, cuando el efecto de la teoría de Darwin comenzaba a sentirse en el mundo occidental, el monje agustino Gregor Mendel llevaba a cabo experimentos con chícharos en el jardín de su monasterio de Brünn, Austria-Hungría (hoy Brno, República Checa). Estos experimentos y el análisis de sus resultados son un ejemplo magistral de método científico. El artículo de Mendel, publicado en 1866 en los *Proceedings* de la Sociedad de Historia Natural de Brünn, formula los principios fundamentales de la teoría de la herencia, todavía vigente. La teoría explica la herencia biológica por medio de pares de factores ("genes"), heredados uno de cada progenitor, que no se mezclan sino que se separan ("segregan") uno del otro en la formación de las células sexuales o gametos.

Los descubrimientos de Mendel, sin embargo, permanecieron desconocidos para Darwin y, de hecho, no llegaron a ser generalmente conocidos hasta 1900, cuando fueron simultáneamente redescubiertos por varios científicos en Europa. Entre tanto, el darwinismo se enfrentaba, en la última parte del siglo XIX, con una teoría alternativa conocida como neolamarckismo. Esta teoría compartía con la de Lamarck la importancia del uso y desuso en el desarrollo y atrofia de los órganos. Pero los neolamarckistas agregaban la noción de que el ambiente actúa directamente en las estructuras orgánicas, lo cual explica su adaptación al ambiente y al modo de vida del organismo. Los partidarios del neolamarckismo descartaban que la selección natural pudiera explicar la adaptación de los organismos al ambiente.

Entre los defensores de la selección natural destaca el biólogo alemán Augusto Weismann (1834-1914), quien durante la década de 1880 publicó su teoría del germoplasma. Weismann distinguía dos componentes en cada organismo: el *soma*, que comprende las principales partes del cuerpo y sus órganos, y el *germoplasma*, que contiene las células que dan origen a los gametos y por lo tanto a la descendencia. Poco después de comenzar el desarrollo del embrión a partir del huevo, el germoplasma se separa del soma; esto es, de las células que le dan origen al resto del cuerpo. Esta noción de una separación radical entre germen y soma llevaron a Weismann a afirmar que la herencia de los caracteres adquiridos era imposible, y abrió el camino triunfal para la selección natural como el único proceso que puede explicar las adaptaciones biológicas. Las ideas de Weismann fueron conocidas a partir de 1896 como neodarwinismo.

## LA TEORÍA SINTÉTICA

El redescubrimiento en 1900 de la teoría mendeliana de la herencia (casi simultáneamente por el holandés Hugo de Vries y el alemán Carl Correns) llevó a hacer hincapié en el papel de la herencia en la evolución. Hugo de Vries, por su parte, propuso una nueva teoría de la evolución conocida como mutacionismo, que esencialmente elimina la selección natural como el proceso principal en la evolución. De acuerdo con De Vries (y también otros genetistas, como el inglés William Bateson) hay dos tipos de variaciones en los organismos: uno consiste de la variabilidad "ordinaria" observada entre los individuos de una especie; por ejemplo, variación en el color de los ojos o de las flores, o en el tamaño. Este tipo de variaciones no tiene consecuencias últimas en la evolución porque, según De Vries, "no puede llegar a traspasar los límites de la especie, incluso condiciones de la más fuerte y continuada selección". El otro tipo consiste de las variaciones que surgen por mutación genética; esto es, alteraciones espontáneas de los genes que ocasionan grandes modificaciones de los organismos y que pueden dar origen a nuevas especies: "Una nueva especie se origina de repente, es producida a partir de una preexistente sin ninguna preparación visible y sin transición".

El mutacionismo propuesto por De Vries para explicar el origen de las especies fue rechazado por muchos naturalistas y también por los llamados biometristas, encabezados por el matemático inglés Karl Pearson. Según los biometristas, la selección natural es la causa principal de la evolución, por los efectos acumulativos de variaciones pequeñas y continuas, tales como las que se observan entre individuos normales, con respecto al tamaño, fecundidad, longevidad, adaptación a diversas condiciones ambientales y cosas por el estilo. Estas variaciones se llamaban "métricas" o "cuantitativas", porque se pueden medir en vez de ser "cualitativas", como las que distinguen por ejemplo a razas diversas de perros, gatos o ganado.

Los mutacionistas y los biometristas se enzarzaron durante las dos primeras décadas de nuestro siglo en una polémica acrimoniosa centrada en si las especies aparecen repentinamente por mutaciones importantes ("cualitativas"), o gradualmente por acumulación de variaciones pequeñas ("cuantitativas"), en esta controversia subyacía el papel de la selección natural y de la herencia mendeliana.

♦ A principios de siglo se creía que las variaciones cuantitativas comúnmente observadas entre los individuos, no obedecían las leyes mendelianas de la herencia. Los mutacionistas argüían que con herencia "mezclada", ni tales mutaciones ni la selección natural que actúa sobre ellas, podían desempeñar un papel importante en la evolución, debido al efec-

to, que ya Darwin había reconocido como problemático, de dilución de las variaciones ventajosas de una generación a otra.

Los biometristas, por el contrario, decían que el tipo de mutaciones observadas por De Vries y otros, y en general las variaciones cualitativas que obedecen las leyes mendelianas, son anomalías (llamadas en inglés *sports* y muy apreciadas para producir variedades llamativas de animales domésticos) que no contribuyen a mejorar la adaptación al ambiente, sino que son eliminadas por la selección natural y carecen de consecuencia en el origen de las especies. Por el contrario, argúan, la evolución depende esencialmente de la selección natural, que actúa en las variaciones métricas ampliamente presentes en los organismos de todo tipo.

La resolución teórica de la controversia entre mutacionistas y biometristas ocurrió en las décadas de 1920 y 1930. El primer paso fue reconocer que la herencia de las variaciones cuantitativas obedece las leyes mendelianas: caracteres, tales como el tamaño o el número de frutos o huevos, están determinados por varios genes, cada uno con un efecto muy pequeño. Basados en esa prueba, varios genetistas teóricos demostraron matemáticamente que la selección natural, actuando acumulativamente sobre pequeñas variaciones, puede producir cambios evolutivos importantes en la forma y función. Miembros distinguidos de este grupo de genetistas teóricos fueron Ronald A. Fisher y J. B. S. Haldane, en Gran Bretaña, y Sewall Wright en los Estados Unidos; su trabajo contribuyó al rechazo del mutacionismo y, lo que es más importante, brindó una estructura teórica para que la genética se integrara a la teoría de Darwin de la selección natural.

Estos descubrimientos teóricos, sin embargo, tuvieron de inmediato un impacto limitado entre los biólogos contemporáneos porque fueron formulados en ecuaciones y lenguaje matemáticos que la mayoría de los evolucionistas no podían entender; también, por que fueron descubrimientos casi exclusivamente teóricos, con poca corroboración empírica; y, finalmente, debido a que los problemas resueltos habían dejado de lado muchas otras materias de gran interés, como el proceso mismo de la especiación.

Un gran paso adelante tuvo lugar en 1937, cuando el naturalista y genetista experimental Theodosius Dobzhansky, estadounidense de origen ruso, publicó *Genetics and the Origin of Species (La genética y el origen de las especies)*. El libro de Dobzhansky explica de manera comprensible y detallada el proceso evolutivo en términos genéticos, apoyando los argumentos teóricos con evidencias empíricas. *La genética y el origen de las especies* puede ser considerado la contribución más importante a la formulación de lo que se conoce como la "teoría sintética" o la "teoría mo-

terna" de la evolución, que integra efectivamente la selección natural darwiniana y la genética mendeliana.

El libro de Dobzhansky tuvo un notable efecto entre los naturalistas y los biólogos experimentales, quienes aceptaron casi de inmediato la nueva teoría de la evolución como cambio en la constitución genética de las especies. El interés en el estudio de la evolución fue muy estimulado y rápidamente aparecieron contribuciones importantes a la teoría, extendiendo la síntesis de la genética y la selección natural a otros campos de la biología. Entre los principales autores que, junto con Dobzhansky, contribuyeron a formular y extender la teoría sintética se pueden contar, en los Estados Unidos el zoólogo Ernst Mayr, el paleontólogo Georges G. Simpson y el botánico Leydard Stebbins; en Inglaterra, Julian Huxley; y en Alemania, Bernhard Rensch. Para 1950 la teoría de Darwin de la evolución por selección natural era aceptada universalmente entre los biólogos, la teoría sintética era aceptada, y las controversias se limitaban a cuestiones de detalle.

#### LA EVOLUCIÓN MOLECULAR Y OTROS AVANCES RECIENTES

Durante los últimos años, los avances más importantes en la teoría de la evolución se derivan de la biología molecular. En 1953 James Watson y Francis Crick descubrieron la estructura del ADN (ácido desoxirribonucleico), el material hereditario contenido en los cromosomas del núcleo celular. La información genética está contenida en la secuencia de los cuatro tipos de nucleótidos de que se compone el ADN. Esta información determina la secuencia de aminoácidos en las proteínas, incluyendo las enzimas responsables de los procesos vitales de los organismos. La información genética contenida en el ADN puede, entonces, ser investigada examinando el ADN mismo o las secuencias de aminoácidos en las proteínas.

A mediados de la década de 1960, la electroforesis de enzimas, una técnica rápida y económica, hizo accesible el estudio de la investigación genética en poblaciones naturales de diversas especies. La aplicación de ésta y otras técnicas a la investigación de la evolución permitió resolver problemas que habían evadido otros métodos de investigación. Por ejemplo, la variación genética entre individuos y entre poblaciones, que determina su potencial evolutivo; la proporción de genes que cambian durante la formación de una nueva especie; el ritmo genético de la evolución; y un sinnúmero de otros interesantes problemas.

Al comparar la secuencia de aminoácidos en proteínas de diferentes especies se ha podido medir cuantitativamente con mucha precisión la

divergencia entre especies; mucho más precisamente que las evaluaciones cualitativas primarias obtenidas por anatomía comparativa y otros estudios clásicos. En 1968 el genetista japonés Motoo Kimura propuso, en la *teoría neutral* de la evolución molecular, que muchos de los cambios que ocurren en las secuencias del ADN y de las proteínas son adaptativamente neutrales, es decir, tienen poco o ningún efecto en la función de la molécula. Si la teoría neutral es correcta, se infiere que hay un "reloj molecular" de la evolución. Esto es así porque es constante la probabilidad de que haya una sustitución (de un nucleótido por otro en el ADN, o de un aminoácido por otro en las proteínas) en un gen dado; por ello, el número de diferencias entre dos especies refleja el tiempo transcurrido desde su separación de un ancestro común. De lo anterior se concluye que se puede reconstruir la historia evolutiva y el orden de ramificación de los diferentes linajes y el tiempo transcurrido entre un suceso evolutivo y otro. Por ejemplo, sería posible determinar las relaciones ancestrales entre los humanos, los chimpancés y los orangutanes; y también determinar el tiempo transcurrido desde que el linaje humano se separó de sus parientes animales más cercanos.

Durante las décadas de 1970 y 1980, la acumulación de datos sobre la evolución molecular ha llevado a la conclusión de que el reloj molecular no es exacto. Aun cuando sea sólo un reloj impreciso, la evolución del ADN y de las proteínas se ha convertido en el mejor método para reconstruir la historia, aun la más remota, de los linajes de los seres vivos. En los últimos años, las técnicas de clonación y de secuenciación del ADN han brindado un medio nuevo y más poderoso de investigar la evolución en el nivel molecular.

La geología y la geofísica también experimentaron una revolución conceptual, en la segunda mitad del siglo XX, con considerables consecuencias en el estudio de la evolución. La investigación de la tectónica de placas ha mostrado que la configuración y posición de los continentes y océanos son dinámicas y no estáticas. Los océanos crecen y disminuyen, los continentes se dividen en partes o se unen en grandes masas. Los continentes se mueven a través de la superficie terrestre a un ritmo de unos pocos centímetros al año, lo cual, en el transcurso de millones de años, altera profundamente la faz de la Tierra, causando al mismo tiempo importantes cambios climáticos.

Las modificaciones masivas del ambiente terrestre, antes insospechadas, han tenido necesariamente consecuencias en la historia evolutiva de la vida. La biogeografía —el estudio de la distribución de plantas y animales sobre el planeta—, ha sufrido una revolución como consecuencia del descubrimiento, por ejemplo, de que África y Sudamérica formaban una sola masa terrestre hace alrededor de 200 millones de años; o

que el subcontinente de la India no ha estado conectado en el continente asiático sino desde tiempos geológicos recientes.

La ecología —el estudio de las interacciones de los organismos con su ambiente— es otra disciplina que ha progresado mucho recientemente y con ello ha contribuido notablemente a esclarecer los procesos evolutivos. La ecología, que anteriormente consistía de estudios primariamente descriptivos —lo que se llama “historia natural”— se ha convertido en una disciplina biológica vigorosa, con fuertes componentes matemáticos, tanto en el desarrollo de modelos teóricos como en la colección y análisis de datos. La ecología evolutiva es una disciplina relacionada con la ecología que ha contribuido de manera importante en los últimos años al progreso de la teoría de la evolución. La etología estudia el comportamiento animal. Una de sus subdisciplinas, la sociobiología —el estudio evolutivo del comportamiento social de los animales, tanto de insectos como las abejas y las hormigas, como de mamíferos como los elefantes o los mandriles— es posiblemente la rama más activa de la etología. Es también la más controversial, debido a que algunos sociobiólogos han propuesto extender a las sociedades humanas conclusiones derivadas del estudio de las sociedades animales.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Darwin, C., *El origen de las Especies*, Espasa-Calpa, Madrid, 1921, trad. Antonio de Zulueta.
- Mendel, G., *Experimentos de hibridación en plantas*, trad. Antonio Prevosti, UNAM, 1965.
- Sarukhán, J., *Las Musas de Darwin*, FCE, México, 1988.
- Leith, B., *El Legado de Darwin*, Salvat, Barcelona, 1988.
- Lacandena, J. R. (coord.), *En el cementerio de Mendel: la genética ayer y hoy*, Alhambra, Madrid, 1984.
- Ayala, F. J., *La teoría de la evolución*, Ediciones Temas de Hoy, Madrid, 1994.





QUINTA PARTE

REDUCCIONISMO EN BIOLOGÍA



## XVIII. EL PROBLEMA DEL REDUCCIONISMO EN BIOLOGÍA: TENDENCIAS Y DEBATES ACTUALES

EDNA SUÁREZ Y SERGIO F. MARTÍNEZ

### INTRODUCCIÓN

EL PROBLEMA del reduccionismo ocupa un lugar central en la filosofía de la ciencia y en especial en la filosofía de la biología. El problema tiene hondas raíces en la concepción científica moderna y puede decirse, sin temor a exagerar, que constituye un aspecto medular en la constitución de la biología como ciencia. Ahora bien, como todos los problemas centrales en filosofía, se trata de un problema complejo y multifacético que no podemos enfrentar desde una sola perspectiva. A grandes rasgos, tal y como se entiende hoy en día, el problema del reduccionismo consiste en elucidar la relación epistemológicamente significativa entre las diferentes áreas del conocimiento científico. Sin embargo, esta caracterización general del reduccionismo se enriquece si consideramos, así sea brevemente, la historia del problema y de sus diversas implicaciones en los debates de la biología actual.

La ciencia moderna tiene su origen en el siglo XVII, en una cierta concepción del conocimiento que abstrae algunos rasgos distintivos del concepto de máquina, que por entonces comenzaba a jugar un papel central en diferentes aspectos de la vida humana. En la concepción mecanicista que se desarrolla en el siglo XVII se asume que el comportamiento de una máquina está totalmente determinado por leyes mecánicas. El reloj mecánico, que se desarrolla en estos siglos y a cuyo perfeccionamiento contribuyen muchos de los grandes filósofos naturales de la época, es el paradigma de lo que entonces se considera una máquina. Desde esa perspectiva, una explicación científica consiste básicamente en entender un fenómeno como el resultado de un proceso mecánico, esto es, como el resultado de la aplicación de leyes mecánicas que determinan el comportamiento de la materia inerte. Así, para Descartes, las leyes mecánicas actúan sobre la materia incapaz de autorganizarse espontáneamente, de la misma manera en que un mecanismo de relojería determina el movimiento de las agujas de un reloj. Más aún, Descartes piensa que ese modelo sirve para explicar el comportamiento de los seres vivos, con lo cual se inicia la discusión entre mecanicistas y vitalistas y, en general, el problema del reduccionismo.

En efecto, como es obvio que todo ser vivo tiene la capacidad de reproducirse (esto es, de autorganizarse), y que además no es predecible en el sentido en que un reloj es predecible, se hizo necesario desarrollar un concepto de máquina apropiado para explicar los procesos biológicos. La respuesta de Descartes consistió en sostener que en analogía con la idea de máquina como instrumento de fabricación humana, era necesario asumir que Dios o algún alma estaban detrás de todo aquello que, si bien tenía un carácter mecánico, se autorganizaba y no era predecible.

Ahora bien, la idea cartesiana de que la naturaleza es una máquina o mecanismo permite ver a la ciencia como un conocimiento que no está restringido a ciertas áreas de la experiencia, como la astronomía o más en general la física, sino como una sistematización del conocimiento de toda nuestra experiencia. Esto genera una tensión entre aquellos filósofos naturales que están dispuestos a aceptar esta concepción del conocimiento y los que no. A estos últimos se les conoce como "organicistas" o "vitalistas".

La concepción vitalista (al igual que la mecanicista) abarcaba en los siglos XVII y XVIII un amplio rango de posturas. En general los vitalistas sostenían que para explicar los procesos y fenómenos biológicos era necesario recurrir a conceptos y métodos específicos, lo que en ese contexto básicamente quería decir que métodos y conceptos no podían restringirse a los de la mecánica. Uno de los conceptos a los que se debía recurrir era el de *fuerza vital*, una fuerza que actuaba específicamente sobre la materia orgánica. Ahora bien, la noción de fuerza vital no necesariamente hacía antimaterialistas a los vitalistas, pues para muchos de ellos esa fuerza tenía un carácter material y poseía un estatus similar al de la fuerza de la gravedad. En efecto, los vitalistas sostenían que al igual que con la gravedad newtoniana, solamente podíamos tener pruebas de las manifestaciones de tal fuerza (en este caso procesos biológicos), pero no de "la fuerza en sí".

Es importante señalar, sin embargo, que los vitalistas no estaban peleados con la concepción moderna de la ciencia y que el debate entre mecanicistas y vitalistas no puede interpretarse como una discusión entre científicos y anticientíficos. Más aún, el vitalismo puede verse como una postura que a lo largo de la historia ha contribuido de manera importante a marcar los límites del mecanicismo y de esta manera lo ha obligado a desarrollar mejores argumentos y caracterizaciones de lo que es un *mecanismo*. La biología, tal y como la concebimos actualmente, sería impensable sin la fructífera y compleja interacción de ambas posturas, tal y como lo han hecho ver Canguilhem (1976) y más recientemente Lenoir (1982).

Así pues, una manera de ver la discusión entre vitalistas y mecanicis-

tas es como una discusión respecto al alcance o los límites de las explicaciones mecanicistas. Los vitalistas piensan que incluso si se acepta que los animales son máquinas, lo importante es reconocer que esas máquinas no son explicables en términos de leyes puramente mecánicas y no teleológicas. Los mecanicistas sostienen, en cambio, que en la medida en que una explicación en biología es inteligible y epistemológicamente no problemática, la explicación sólo puede recurrir en última instancia a leyes mecánicas. De hecho, es importante reconocer que el surgimiento de la biología como ciencia autónoma en el siglo XIX se encuentra íntimamente ligado con el reconocimiento de un concepto de máquina más amplio que el que era común en el siglo XVII y aún en el XVIII.

En el siglo XIX se establece un nuevo concepto de máquina y de mecanismo que incorpora las leyes de la conservación y la disipación de la energía. Es cuando comienza a ser tomado en serio el proyecto mecanicista en biología. El paradigma de máquina del siglo XIX ya no es el reloj sino la máquina de vapor. Así, a mediados del siglo XIX es posible pensar en los organismos como máquinas, pero en un sentido extendido; esto es, no meramente como dispositivos que transmiten o transfieren fuerza o energía (en el sentido usual del siglo XVII) sino como transformadores de energía, como dispositivos capaces de transformar un tipo de energía en otro. En parte, se debe a estos avances que la idea de fuerza vital vaya perdiendo fuerza en la segunda mitad del siglo XIX. En efecto, conforme se desarrolla un mecanicismo más adecuado para explicar algunos procesos biológicos, la idea de que existe una fuerza que actúa solamente sobre la materia orgánica va perdiendo definitivamente su poder explicativo. Como puede verse en la breve historia del problema que hemos presentado, la cuestión del reduccionismo está íntimamente ligada tanto al problema de qué es una explicación científica, como al problema de cuál es la metodología apropiada en la ciencia y en la biología en particular. Por supuesto, el problema puede formularse de maneras muy diversas, tratando de tomar en cuenta, y de separar en lo posible, sus diferentes aspectos.<sup>1</sup> Es más, en la actualidad el problema del reduccionismo se ha diversificado a tal grado que puede decirse que consiste en una fa-

<sup>1</sup> Al respecto es importante una advertencia. Una de las maneras en que puede discutirse sobre reduccionismo (especialmente en biología) es refiriéndose a sus connotaciones ideológicas. Un ejemplo muy actual de este tipo de discusión gira en torno a las implicaciones del Proyecto Genoma Humano (PGH). Los *antirreduccionistas* atacan, entre otras cosas, la idea de que este proyecto, que consiste en determinar las secuencias nucleotídicas del genoma del ser humano, permitirá solucionar innumerables problemas médicos o de salud. Según los antirreduccionistas, la convicción "triumfalista" (Callebaut, 1993) de quienes apoyan el PGH tiene serias implicaciones ideológicas pues, por un lado, mediante ella se pretende simplificar ("reducir", en este sentido) la solución de un complejo problema biológico-social (las enfermedades) a una solución "meramente" científica. Y, por otro lado,

milia de problemas más o menos relacionados. Sin embargo, en esa familia de problemas y de debates en las últimas dos décadas se aprecia una tendencia general, caracterizada por la creciente inquietud de los filósofos por aproximar sus caracterizaciones del reduccionismo al tipo de explicaciones y decisiones que construyen los científicos en un contexto o tradición científica dada.

Ahora bien, antes de pasar a la discusión actual sobre reduccionismo, resulta conveniente hacer un último señalamiento que nos será útil al presentar las distintas posturas. La búsqueda de los filósofos por aproximar sus modelos y caracterizaciones a los diferentes tipos de explicaciones y estrategias científicas, así como el reconocimiento de la complejidad y diversidad de los problemas que giran en torno a la reducción, ha requerido desarrollar y utilizar mejores clasificaciones del problema del reduccionismo. Una clasificación muy utilizada es la de Mayr (1982). Según él, el término "reduccionismo" en biología se utiliza al menos en tres sentidos: reduccionismo constitutivo, reduccionismo explicativo y reduccionismo teórico. Según Mayr, el primero no es problemático para los científicos del siglo XX; se refiere a que la composición material de los organismos es la misma que la de la materia inorgánica. El segundo sentido se refiere a la explicación de un todo en términos de sus partes. El tercero se refiere a la relación deducción/explicación de una teoría por otra. Esta clasificación ha sido utilizada entre otros por Ayala (1989), y se encuentra implícita —como veremos— en el artículo que se presenta en esta antología. Sarkar (1992) también se ha apoyado en la clasificación de Mayr para delimitar diferentes categorías de modelos de reducción propuestos en las últimas décadas; siguiendo básicamente a este autor, en las siguientes secciones hablaremos de los modelos de reduccionismo como *modelos de reduccionismo teórico, explicativo y constitutivo*. Más que adentrarnos en la caracterización de esas categorías, intentaremos ilustrarlas con casos y propuestas específicas. Podemos adelantar, sin embargo, que el desarrollo de modelos de *reducción teórica* en biología ha ido aparejado a la crítica del modelo clásico de Ernst Nagel (1961) y, en especial, al desenvolvimiento de una discusión concreta: la posibilidad de reducir la genética clásica a la biología molecular. Por otro lado, el desarrollo de modelos de *reducción explicativa* se ha relacionado con el

se pretende que el solo conocimiento de las secuencias nucleotídicas permitirá explicar los complejos procesos biológicos del desarrollo de una enfermedad. Mientras que el primer tipo de objeción al reduccionismo no se discute en este trabajo, la segunda sí tiene importancia para el tipo de cuestiones que nos interesan en una discusión filosófica del reduccionismo. Si bien en este artículo no nos abocaremos a discutir sobre los aspectos ideológicos del reduccionismo, es claro que muchos de los debates concretos en torno a la reducción en biología pueden tener implicaciones de este tipo.

reconocimiento de que en la historia de la biología existen una gran diversidad de tipos de explicación y de estrategias de investigación.

#### LA REDUCCIÓN ENTRE TEORÍAS. EL MODELO CLÁSICO DE NAGEL

En nuestro siglo el tema del reduccionismo empezó a examinarse explícitamente en el seno de una filosofía de la ciencia lógico-positivista, por lo que no es de extrañar que las maneras en que se plantea el problema por lo general acarreen prejuicios propios de esa concepción de la ciencia. Uno de esos prejuicios es la idea de que el contenido epistemológico de la ciencia es totalmente caracterizable en términos de las teorías acabadas de la ciencia. Siendo así, no es casual que el reduccionismo se plantee comúnmente como un problema de relación entre teorías. El locus clásico de este tipo de planteamiento es el modelo de reducción teórica publicado por Ernst Nagel en 1961. El modelo general de reducción de Schaffner (1967, 1977) y su modelo general de reducción-reemplazamiento (modelo GRR, 1992, 1993), a los cuales nos referiremos más adelante, también entran en esta categoría, así como el modelo que Ayala utiliza en el artículo que se presenta en esta antología. En esta sección, sin embargo, nos restringiremos a presentar el modelo clásico de Nagel y algunas de las objeciones importantes que se le han hecho en décadas recientes, las cuales nos permitirán ilustrar aspectos importantes de la discusión actual en torno al reduccionismo teórico.

Como señalamos, Nagel sigue la tradición lógico positivista al considerar las teorías como sistematizaciones de observaciones (leyes o regularidades) que son legitimadas por medio de procedimientos experimentales o de observación (si bien esta legitimación no tiene que ser directa). Para Nagel, una teoría *B* se reduce a una teoría *A* cuando lo que dice *B* sobre lo que puede observarse (o legitimarse indirectamente a través de un sistema de enunciados aceptables como base empírica), puede reformularse como dicho por *A*. Nagel elabora esta idea exigiendo que la reducción de una teoría por otra cumpla dos condiciones formales: *i*) la derivabilidad de las leyes de la teoría reducida a partir de las leyes de otra (reductora), y *ii*) la conectabilidad entre los términos de ambas teorías.

La primera condición se relaciona con la concepción de explicación científica que asume Nagel. Ésta es la concepción nomológico-deductiva desarrollada unos años antes por Hempel. De acuerdo con ese modelo, también conocido como modelo de "cobertura por leyes", las explicaciones científicas son inferencias deductivas de un hecho particular a partir de una ley universal y un conjunto de condiciones iniciales. Dado que Nagel piensa que la reducción es básicamente una relación de explica-



ción entre teorías, en la cual las observaciones explicadas por *B* pueden reformularse como explicadas por *A*, es claro que requiere una condición como la de derivabilidad. Ahora bien, para ser más precisos, aquello que se supone que debe poder derivarse son las leyes de *B* a partir de las leyes de *A*. La segunda condición generalmente se ha entendido como la necesidad de encontrar relaciones de identidad entre los términos (conceptos) a los que se refiere cada una de las teorías. Es claro que para que pueda darse la derivación de una teoría por otra, la relación entre los términos de ambas teorías tiene que ser clara. Sin embargo, ya Nagel se había dado cuenta de las dificultades de establecer dicha relación, por lo que también había propuesto la formulación de *leyes o principios puente* que permitieran conectar los términos de ambas teorías.

Incluso un ejemplo tan simple y tan trillado como la reducción de la ley de Galileo de la caída libre de los cuerpos sobre la superficie de la Tierra, a la ley de la gravitación universal de Newton, es problemática cuando se trata de entender de acuerdo con el modelo de Nagel. En efecto, de acuerdo con ese modelo, una ley *L* se reduce a un conjunto de leyes *C* cuando es posible derivar *L* de *C*, una vez que se formulan las condiciones adecuadas en las que esta derivación tiene lugar. Por ejemplo, de acuerdo con el modelo clásico, la ley de la caída libre de los cuerpos debería poder derivarse como un caso especial de la ley de la gravitación de Newton, con lo cual podríamos decir que la ley de Galileo se reduce a la ley de Newton. De manera similar, las leyes del movimiento planetario descubiertas por Kepler deberían poder derivarse de la ley de la gravitación universal dados ciertos supuestos y, por lo tanto, podría decirse que las leyes de Kepler se reducen a la teoría de Newton.

El problema es que diferentes investigaciones han mostrado una serie de dificultades con este proyecto. En la perspectiva tradicional (neopositivista), el único obstáculo que se reconocía al desarrollo del proyecto reduccionista —como eje de la explicación de la estructura y unidad de la ciencia— era de carácter empírico. Esto es, el desarrollo actual de la ciencia hace muy difícil conocer las conexiones entre teorías porque no se encuentran lo suficientemente desarrolladas como para poder establecer sus relaciones reductivas con otras teorías. Sin embargo, diferentes trabajos —a algunos de los cuales nos referiremos más adelante— han conducido a abandonar paulatinamente este supuesto. En especial, con el reconocimiento de que la concepción positivista de la ciencia es demasiado estrecha como para permitirnos entender la gran variedad de teorías y tradiciones que incluye la ciencia, el problema del reduccionismo se ha vuelto más complejo, más diverso y más rico filosóficamente que lo que nos decía el modelo clásico de Nagel.

LOS PROBLEMAS DEL MODELO CLÁSICO EN BIOLOGÍA.  
LA ESTRUCTURA DE LAS TEORÍAS BIOLÓGICAS

Las críticas al modelo de Nagel han servido como punto de partida para desarrollar modelos que buscan una mayor cercanía con los problemas y soluciones reales de los científicos. En la discusión del reduccionismo en biología estas críticas se han centrado básicamente en las dos condiciones del modelo clásico de reducción.

Con respecto a la condición de derivabilidad del modelo de Nagel, Feyerabend (1962) mostró que incluso el caso paradigmático de la reducción de la ley de Galileo a la ley de la gravitación universal de Newton era problemático. Lo que es posible *derivar* de la ley de la gravitación universal no es la ley de Galileo, sino *una ley que sólo es análoga a ella*. La ley de Galileo dice que los cuerpos cercanos a la superficie de la Tierra caen verticalmente con una aceleración constante, pero esto sólo es cierto si no se toman en cuenta una serie de factores que pueden afectar el valor de la gravedad, como la altura sobre el nivel del mar (la distancia al centro de la Tierra) o la presencia de objetos muy pesados en la cercanía. Pero entonces, ¿en qué sentido podemos afirmar que hay reducción de una teoría a la otra? La derivabilidad no admite grados, y tampoco el patrón de explicación nomológica-deductiva que supuestamente entra en juego en la relación de reducción. Así pues, ¿en qué sentido la ley de la gravedad explica la ley de la caída libre de los cuerpos? En todo caso, la respuesta a estas preguntas requiere explicar y formular con claridad los criterios de *aproximación* que son válidos en una explicación, lo cual es altamente problemático para una concepción que ve a la reducción como derivación lógica, en la que no hay lugar para la *aproximación*. Por ello, diferentes autores concluyeron, con Feyerabend, que la reducción era básicamente imposible; lo que la teoría reductora mostraba era la falsedad de la teoría reducida, en el sentido de que ésta era menos precisa que la primera (Sarkar, 1992).

En este contexto, el artículo publicado por Schaffner en 1967 fue muy importante para el desarrollo de la discusión del reduccionismo teórico en biología. En ese artículo y en otros posteriores, Schaffner se apoyaba en casos concretos de la historia de la biología y la medicina para proponer un modelo de reducción que modificaba el modelo clásico de Nagel para responder a las objeciones de Feyerabend. Según Schaffner, lo que puede derivarse de la teoría reductora no es la teoría reducida, sino una versión *corregida* que es "fuertemente análoga" a la misma. En el caso de la reducción de la genética a la biología molecular, lo que puede derivarse es, entonces, una versión corregida de la genética que es fuertemente análoga a la versión "original" de la misma. Ahora bien, la ver-

sión corregida se construye teniendo siempre a la vista un *mapeo* de sus expresiones y leyes en las expresiones de la teoría reductora. Schaffner, sin embargo, no aclaraba la noción de "analogía fuerte" o "estrecha" que debía existir entre la versión original y la corregida de una teoría, noción que se convirtió en uno de los focos de atención en la discusión que siguió (véase Wimsatt, 1976a, por ejemplo). Poco tiempo después, Schaffner tuvo que admitir que para que se cumpliera la condición de derivabilidad, ambas teorías (no sólo la reducida) tendrían que ser *corregidas*.<sup>2</sup> Como veremos, la idea de que la reducción por derivación requiere corregir una o dos de las teorías involucradas se convirtió en la base sobre la cual se ha introducido una dimensión temporal o histórica en los modelos de reducción teórica.

Por otra parte, en trabajos posteriores, y apoyándose siempre en el estudio de casos concretos, Schaffner (1992, 1993) ha reconocido que la relación de reducción teórica es *periférica* a los intereses y explicaciones que, en efecto, construyen los científicos. Así, Schaffner ha llegado a la conclusión de que el tipo de relación deductiva entre teorías, que es una de las condiciones de su modelo y del modelo clásico de Nagel, requiere aceptar que los intereses de los científicos y los de los filósofos divergen de manera apreciable. Algunos autores están dispuestos a aceptar esta divergencia de intereses y tratan de conservar este enfoque construyendo modelos de reducción teórica que superen las objeciones que se le han hecho al modelo de Schaffner (Ruse, 1973; Waters, 1990). Sin embargo, conforme se ha abandonado la concepción sintáctica o axiomática de las teorías, que era parte medular del modelo clásico de Nagel, esta caracterización ha tenido que ser modificada.

En efecto, algunas de las objeciones más comunes que se le han hecho a la condición de derivabilidad consisten en señalar la ausencia de leyes universales en las teorías de la biología. A este respecto uno de los casos más discutidos en las últimas décadas es el de la posible reducción de la genética clásica a la biología molecular. Tanto autores que defienden una postura antirreduccionista (Kitcher, 1984; Rosenberg, 1985, 1994),

<sup>2</sup> Wimsatt (1976a, 1976b) ha intentado explicar porqué en el primer modelo de Schaffner se requería exclusivamente la corrección de la teoría reducida. Según Wimsatt este requisito ilustra los sesgos de una concepción centrada en el "contexto de justificación". Dice Wimsatt que, dado que las cuestiones de reducción entre teorías sólo se plantean cuando la teoría reductora (que generalmente es una teoría de un nivel de organización inferior al de la teoría reducida) se encuentra lo suficientemente establecida (justificada), se hace caso omiso del proceso histórico mediante el cual esta teoría también ha sido corregida. El sesgo neopositivista nos impide ver el proceso de corrección de la teoría reductora, dado que estas cuestiones pertenecen al contexto de descubrimiento. Como veremos adelante, un aspecto medular de la propuesta de Wimsatt consiste en señalar la coevolución de ambas teorías.

como autores defensores del reduccionismo (Schaffner, 1977, 1993; Waters, 1990), han señalado que la estructura del conocimiento en estas dos áreas de la biología no corresponde a la concepción *sintáctica* neopositivista de las teorías científicas. Y más aún: todos ellos han problematizado (de diferentes maneras) la existencia de leyes universales en la biología que se requieren para efectuar una relación de derivación entre teorías. Así, mientras que Rosenberg (1985, 1994) y Waters (1990) han argumentado que, al menos en biología, es más adecuada la concepción *semántica* de las teorías, Schaffner (1993) y Kitcher (1984) han intentado desarrollar concepciones propias sobre la estructura de las teorías y las explicaciones en biología.<sup>3</sup>

De este modo, la cuestión acerca de la estructura de las teorías biológicas ha ocupado un lugar muy importante en algunas de las discusiones recientes sobre reduccionismo teórico. Hull (1972, 1974, 1981) fue uno de los primeros en sostener que en la biología molecular las explicaciones recurren a la postulación de mecanismos responsables de determinados fenómenos y que no existen lo que propiamente se llaman leyes en la tradición empirista, esto es, relaciones entre fenómenos que son descritas por enunciados de aplicación universal (problema que últimamente han retomado Dupré, 1993 y Rosenberg 1994). Es más, las expli-

<sup>3</sup> La concepción semántica de las teorías fue desarrollada inicialmente como una alternativa de análisis formalista a la concepción sintáctica tradicional de los años sesenta. En la concepción sintáctica las teorías se analizan como estructuras deductivas que pueden expresarse en el lenguaje de la lógica matemática. Las leyes se entienden como teoremas interpretados a partir de un sistema formal de axiomas que constituyen a la teoría, y las explicaciones se describen por medio del modelo nomológico-deductivo, que es el tipo de modelo implícito en las teorías de Nagel, de Ruse y en menor grado de Hull (1972). La concepción semántica (Suppes, 1967, y otros trabajos posteriores como el de Lloyd, 1988 y Thompson, 1988), por su parte, sostiene que para poder entender la relación entre nuestras teorías y el mundo es necesario tomar en cuenta cómo diferentes teorías pueden describir una secuencia causal. Esta concepción tiene que ser más compleja que la idea de leyes y reglas de correspondencia asociada a la concepción sintáctica. Así, Suppes muestra que para reconstruir formalmente la relación entre una teoría física y los fenómenos es necesario considerar, al menos, teorías del experimento, teorías de los datos y teorías del diseño experimental. Tales teorías pueden conceptualizarse como *modelos* de sistemas formales, por lo que el concepto de "modelo" desempeña un papel central en las diferentes versiones de esta concepción. En la versión desarrollada por Van Fraassen, por ejemplo, la clase de modelos que constituyen una teoría se caracteriza en términos de un espacio de estados (a los que se conoce en la física como *espacios de fase*). Es importante señalar que si bien la concepción semántica ha mostrado tener ventajas indiscutibles sobre la concepción sintáctica en el tratamiento de ciertos problemas (ventajas ligadas a su mayor flexibilidad en el concepto de teoría y a su capacidad para modelar el uso jerárquico de diferentes teorías en la ciencia), dicha concepción sigue asumiendo que una teoría es una estructura matemática. Este supuesto hace extremadamente difícil tratar ciertos temas y problemas filosóficos que involucran de manera esencial aspectos históricos y funcionales del conocimiento científico.

caciones por mecanismos que predominan en la biología molecular no parecen ser modelables como deducciones. Así pues, Hull sostiene que si bien en la genética mendeliana existen algunas leyes (por ejemplo, la ley de la distribución independiente de los caracteres o la ley de la segregación), éstas no son formulables en términos de los mecanismos propuestos por la biología molecular y, por tanto, no pueden ser deducidas a partir de ellas.

Schaffner (1992, 1993) es otro autor que en el marco del problema del reduccionismo se ha ocupado de las estructuras explicativas de la biología. Según Schaffner un buen número de teorías de la biología pueden caracterizarse como *series de modelos temporales interniveles y sobrelapados*. Los modelos de este tipo de estructuras, a las que él llama *teorías de rango medio*, constituyen conjuntos de mecanismos y variantes con un cierto parecido de familia, y de manera característica cada uno de esos modelos se refiere a unos cuantos tipos puros (esto es, su rango de aplicación es restringido). Los modelos son típicamente *interniveles* en el sentido de que sus partes se especifican en términos de diferentes niveles de organización (bioquímico, celular, orgánico) y además estos modelos representan conexiones temporales no necesariamente deterministas. El nombre de *teorías de rango medio* se refiere, según Schaffner (1993, p. 321), primero, a que no se trata de teorías universales pero tampoco son resúmenes de datos, sino que están en medio de esos dos extremos; y, segundo, a que estas teorías se refieren a entidades situadas en los niveles de organización medio (no a moléculas ni a poblaciones enteras). Utilizando esta caracterización Schaffner insiste en que es posible modelar la reducción o el reemplazamiento de una teoría o, más precisamente, de su versión corregida, por otra (una teoría más reciente y fundamental). Por último, Schaffner (1993, p. 343, n. 9) hace notar que esta concepción es altamente compatible con una perspectiva semántica de las teorías biológicas y de la reducción.

Rosenberg (1994) ha criticado el modelo de reducción de Schaffner (1967) apoyándose en las ideas de Hull (1974). Según Rosenberg la estructura de las teorías en biología no es la misma que la de las teorías de la física, las cuales eran el modelo de la concepción sintáctica tradicional. En biología, dice Rosenberg, las leyes no existen ni siquiera en el caso de la genética clásica. La complejidad de los procesos y fenómenos biológicos es de tal magnitud que los seres humanos, que contamos con capacidades cognitivas limitadas, no podemos encontrar y formular sus leyes universales.<sup>4</sup> Si acaso, según Rosenberg, podemos construir mode-

<sup>4</sup> La excepción, para Rosenberg (1994), es la teoría de la selección natural, tal y como ha sido expuesta en sus axiomas básicos por Mary Williams (1970) y posteriormente por Dawkins (1976) y Hull (1988). Según Rosenberg, la teoría de la selección natural se encuen-

los y aproximaciones útiles que pueden caracterizarse adoptando la concepción semántica de las teorías. Sin embargo, este tipo de modelos no admite la deducción de unas leyes a partir de otras, ya que las "leyes" a las que se refieren estos modelos no son leyes universales que se derivan a partir de axiomas fundamentales, sino que solamente se trata de generalizaciones útiles para hablar de procesos en un nivel de organización dado, por ejemplo, el nivel de los caracteres mendelianos o el nivel de los genes moleculares. Así pues, la reducción (deductiva) de la genética clásica a la biología molecular es imposible.

Kitcher (1984), otro de los antirreduccionistas destacados, llega a conclusiones similares en este caso, sin embargo él ha intentado desarrollar una caracterización propia de la estructura del conocimiento en biología. La idea de Kitcher (1984) es que la genética clásica (o cualquier otra área de la biología) es una secuencia o cadena de prácticas, las cuales incluyen un lenguaje propio, un conjunto de enunciados y preguntas propias y, fundamentalmente, un conjunto de patrones de razonamiento. Una teoría o estructura explicativa consiste, pues, en esa familia de patrones de razonamiento que están dirigidos a solucionar un problema (en el caso de la genética clásica, básicamente problemas que Kitcher llama de *pedigree*, p. 390).<sup>5</sup> Así pues, en lugar de reducción, Kitcher sostiene que la relación entre genética y biología molecular es de *extensión explicativa*: la segunda explica algunos de los supuestos de la primera, ya que algunos de los patrones de explicación establecidos en la biología molecular tienen como conclusión alguno de los supuestos de la genética clásica (un ejemplo de este tipo de supuestos sería la replicación de los genes, que solamente es explicado con el desarrollo de la biología molecular). Además, la biología molecular permite un mayor refina-

tra lo suficientemente probada como para considerarse una ley universal y además nos proporciona una explicación de porqué —dado que somos seres que hemos evolucionado con capacidades cognitivas limitadas— nuestras otras teorías biológicas (incluidas por supuesto las de la genética clásica y la biología molecular) no pueden contener leyes universales. En el caso de la genética y la biología molecular, dada la complejidad de los procesos involucrados, debemos conformarnos con el carácter instrumental de nuestros modelos.

<sup>5</sup> Ésta es una concepción bastante laxa de teoría científica, no exenta de problemas. Por ejemplo, Kitcher dice que una de las *subteorías* de la genética clásica es la *teoría del mapeo genético*, la cual consiste en patrones de razonamiento que permiten localizar las posiciones relativas de los genes en un cromosoma. Esta idea parece estar en tensión con la afirmación de Kitcher de que la genética clásica es un conjunto de prácticas, entre las que cabe la técnica del mapeo genético. Kitcher, pues, parece querer tener su pastel y también comérselo, pues en ningún lugar ha intentado explicar la conexión entre los patrones de razonamiento de la genética clásica y sus técnicas y metodologías. Kitcher, más bien, parece asumir la idea de el predominio del conocimiento articulado en teorías sobre el conocimiento práctico incorporado en técnicas e instrumentos científicos. Esta tensión se manifiesta especialmente en su concepción de extensión explicativa (véase más adelante en el texto).

miento conceptual de algunos de los términos de la genética clásica (por ejemplo, los términos *mutación* o *gene*).

Ahora bien, a diferencia de Rosenberg y los reduccionistas, Kitcher no privilegia una dirección en la explicación; la extensión explicativa de la genética puede hacerla la citología o la embriología, y no sólo una teoría perteneciente a un nivel inferior. Más aún, Kitcher sostiene que en casos como el de los procesos de segregación de los alelos (procesos que él llama PS), *la mejor explicación* es la que proporcionan las observaciones de la citología sobre el comportamiento de los cromosomas homólogos; según él, ninguna explicación de la biología molecular podría mejorar esta descripción dado que a nivel molecular los PS son causados por procesos muy heterogéneos.<sup>6</sup> Tal afirmación ha sido fuertemente criticada por Waters (1990), a quien nos referiremos en seguida. Sin embargo, antes nos parece conveniente señalar otra dificultad, quizás más importante, con la postura antirreduccionista de Kitcher.

La dificultad a la que nos referimos tiene que ver con la tensión que existe en la concepción de las teorías de Kitcher (véase la nota 5), la cual claramente tiene como objetivo evitar los problemas de una caracterización estructural o lógica de las teorías. Kitcher, pues, manifiesta una preocupación real por retratar las prácticas y explicaciones reales de los científicos. El problema es que su noción de extensión explicativa todavía conserva mucho del viejo sabor de la concepción nomológica-deductiva de la explicación. Como sostiene el propio Kitcher, la nueva teoría (en este caso la biología molecular) "*proporciona una demostración teórica de la posibilidad de una presuposición problemática antecedente de la vieja teoría. Dado que las demostraciones teóricas [...] involucran la derivación* de las conclusiones de una teoría a partir de las premisas aportadas por una teoría básica, es fácil asimilarlas a una noción clásica de reducción" (Kitcher, 1984, p. 392, cursivas nuestras). Según Kitcher su concepción de las relaciones entre genética clásica y biología molecular se salva del tipo de críticas que le estamos haciendo porque él no se compromete con la tesis de que la teoría genética pueda formularse como un conjunto (deductivo) de leyes y porque, además, no asume que *todos* los enunciados acerca de genes requieran una derivación molecular (esto último se parece bastante a la tesis de la perifericidad de la reducción de Schaffner). Sin embargo, es claro que existe una gran dificultad en el antirreduccionismo de Kitcher, consistente en la ausencia de una concepción alternativa de explicación. Mientras Kitcher carezca de ella, su

<sup>6</sup> Véase la crítica que a este respecto le hace Rosenberg (1994) a Kitcher en el capítulo III de su libro: la idea de que los procesos PS son un *tipo o clase natural* que a nivel molecular son heterogéneamente causados, contradice tanto la afirmación de Kitcher de que no hay leyes universales en la genética, como la concepción tradicional de clases naturales.

modelo de extensión explicativa aún puede interpretarse como un modelo de reducción (por deducción) periférica al estilo del de Schaffner.

Por último, otro autor que ha escrito en torno a la estructura de las teorías en el marco de la reducción de la genética clásica a la biología molecular es Keneth Waters (1990). A diferencia de Rosenberg y Kitcher, Waters concluye que al adoptar la concepción semántica de las teorías sí podemos caracterizar la relación entre biología molecular y genética como una *relación de reducción entre teorías*. Si en el camino perdemos la concepción formal de la reducción de Nagel, ello no impide conservar el *espíritu* que está detrás de la búsqueda por la reducción: el establecimiento de nuevas leyes experimentales que se adecuen a un rango más amplio de observaciones y el descubrimiento de conexiones sorprendentes entre esas leyes (Waters, 1990, p. 402).

Waters se apoya fundamentalmente en el argumento de que el desarrollo de la biología molecular puede llegar a darnos una explicación más fundamental de fenómenos genéticos tales como la recombinación y la segregación de los cromosomas homólogos. Precisamente en respuesta a Kitcher, Waters sostiene que la investigación a nivel molecular puede aportar conocimiento útil, y no sólo detalles barrocos (*gory details*), acerca de procesos (como los PS) en los que la citología sólo puede darnos la más "abstracta" de las explicaciones. Waters (1990), pues, se inscribe en un grupo cada vez más reducido de autores que piensan, con optimismo, que el desarrollo de la ciencia mostrará en última instancia la posibilidad de construir teorías cada vez más fundamentales que expliquen los procesos y fenómenos que ocurren en niveles superiores de organización.

#### LOS PROBLEMAS DE LA CONCEPCIÓN CLÁSICA.

#### ¿ES POSIBLE TRADUCIR TÉRMINOS ENTRE TEORÍAS DIFERENTES?

Problemas igualmente graves han surgido con la segunda condición del modelo clásico de Nagel, la de conectabilidad o traducibilidad. Esos problemas son particularmente importantes en el caso de la reducción entre teorías de la biología y constituyen hoy en día uno de los puntos centrales en muchas de las discusiones sobre casos concretos de reduccionismo en biología. Las críticas se centran en la dificultad de traducir o conectar los términos a los que se refieren la teoría reductora y la teoría reducida. Como señalamos, ya Nagel había propuesto la existencia de *leyes puente* cuya función consistía en conectar los términos de una teoría con los de la otra. Sin embargo, tal y como se plantea actualmente el problema, éste no consiste únicamente en una cuestión de cambio de



*significado* de ciertos términos en diferentes teorías. Los problemas más serios parecen relacionarse, más bien, con las implicaciones ontológicas de la condición de conectabilidad.

Por ejemplo, en el caso de la posible reducción de la genética clásica por la biología molecular, diferentes autores (Hull, 1972, 1974 y últimamente Kitcher, 1984) han sostenido que términos *predicados* fundamentales de ambas teorías son *en principio* intraducibles. Conceptos tales como "dominante", "recesivo", y otros a los que se refiere la genética clásica, no parecen tener traducción uno-a-uno en los términos de la biología molecular. Las dificultades de la traducción se encuentran, en este caso, íntimamente conectadas con la imposibilidad de cumplir con la condición de derivabilidad. Veamos.

Hull (1974) sostiene que es imposible traducir los términos de la genética mendeliana a los de la genética molecular debido a que distintos patrones de herencia mendeliana pueden resultar de la acción de un mismo mecanismo molecular. No existe, pues, una relación uno-a-uno entre los términos de ambas teorías y ni siquiera una relación entre muchos mecanismos moleculares y un patrón mendeliano. Esta última situación haría compleja, pero no imposible, la reducción. Así pues, ¿cómo derivar diversos patrones de herencia mendeliana a partir de un mismo mecanismo molecular? Wimsatt (1976a) ha hecho notar esta misma cuestión y ha destacado sus implicaciones ontológicas al señalar que "¡no podemos explicar las unidades de una categoría de nivel superior porque *no existe* una unidad en el nivel inferior!".

Sin embargo, autores que defienden la posibilidad de la reducción de la genética a la biología molecular, como Waters (1990), han argumentado que sí es posible establecer una conexión entre los términos de ambas teorías. En primer lugar, según Waters la conexión correcta no es entre *gen* y *carácter* molecular y entre *gen* y *carácter* mendeliano, sino entre *diferencia génica* molecular y *diferencia génica* mendeliana, y entre *diferencia de caracteres* moleculares y *diferencia de caracteres* mendelianos. Toda la genética clásica y molecular, dice Waters, gira en torno a los diferentes caracteres que se expresan a nivel fenotípico como resultado de diferencias a nivel genotípico. En segundo lugar, Waters sostiene que las mismas dificultades que parecen existir para conectar el carácter (o fenotipo) mendeliano y el gen (o genotipo) molecular son las mismas que existieron siempre en la genética clásica para conectar el genotipo y el fenotipo, de modo tal que este argumento también invalidaría, de manera absurda, los logros de la genética clásica. Por último, Waters apela a los beneficios que nos han proporcionado las explicaciones recientes de la biología molecular: nuestro conocimiento de las rutas de biosíntesis nos proporciona una explicación de porqué las relaciones entre genes y

caracteres son complejas, pero no imposibles de determinar en casos particulares.<sup>7</sup>

Recientemente, sin embargo, Dupré (1993) ha presentado un interesante argumento en contra del reduccionismo teórico al estilo de Waters. La parte medular de su argumento consiste en defender la imposibilidad de conectar (ontológicamente) tipos de entidades que aparecen en una teoría relativa a un nivel de organización, con tipos de entidades pertenecientes a otra teoría. Básicamente, la idea de Dupré es que la delimitación de *tipos naturales* (esto es, de clases o tipos de entidades) solamente sucede en el marco de teorías particulares. No existe una manera de delimitar, por sus propiedades *esenciales*, a clases o tipos naturales, ya que nuestras clasificaciones siempre tienen sentido en el marco de determinadas teorías, esto es, en el marco de aquello que queremos explicar y resolver de acuerdo con nuestros intereses. Así pues, mientras que el gen de la genética mendeliana es una entidad abstracta que se delimita en una teoría cuyo objetivo es resolver problemas de distribución de caracteres, el gen de la genética molecular es una entidad que se delimita de acuerdo a una teoría cuyo objetivo es responder cómo contribuye la estructura molecular al desarrollo de cada carácter. Dupré defiende, pues, lo que él llama un *pluralismo ontológico*; no hay una única manera de caracterizar entidades porque nuestras diferentes teorías buscan responder a cuestiones de naturaleza distinta. Cuestiones de tipo funcional son irreducibles a cuestiones de tipo estructural y, por tanto, no es posible conectar tipos de entidades que son caracterizadas en el marco de teorías cuyos objetivos son distintos.

El problema de la conectabilidad de los términos de ambas teorías tiene otro tipo de ramificaciones de las que hablaremos posteriormente, al referirnos al problema de las propiedades emergentes. En resumen, hemos visto cómo en un caso concreto, el de la posible reducción de la genética a la biología molecular, se hacen explícitas algunas de las dificultades más importantes de los modelos de reducción teórica en la biología.

### EL REDUCCIONISMO EXPLICATIVO

Una vez que abandonamos la idea de que sólo las teorías son el punto de referencia obligado en un modelo de la reducción y, en particular, la idea de que toda explicación se adecua al modelo nomológico-deducti-

<sup>7</sup> El ejemplo más citado en estos casos es el de la posibilidad de explicar la distribución (mendeliana), el desarrollo (organísmico o embriológico) y la fisiología de la anemia de células falciformes gracias al conocimiento de los efectos que tiene una sola mutación en el gen de la hemoglobina. La alteración de la secuencia del ADN modifica la estructura pri-

vo, el problema de la reducción se abre a muchas posibilidades. En primer lugar es posible pensar que una relación de reducción tiene que ver directamente con *mecanismos*, así como con su *alcance explicativo* en diferentes niveles de organización. En segundo lugar, es posible enfocar la atención en la estructura de explicaciones que buscan modelar a los organismos como sistemas en los que la interacción de partes es sumamente compleja. A partir de los años setenta, algunos de los trabajos más importantes en la reformulación del reduccionismo han puesto el énfasis en alguno de esos dos aspectos, explotando de este modo el abandono de la camisa de fuerza lógico-positivista. El énfasis en el estudio de la relación entre mecanismos particulares (y los niveles de organización que esto requiere) y en aspectos ontológicos de la relación entre el todo y las partes en casos específicos, plantea de manera natural problemas concretos de reduccionismo que dejan de lado, como poco interesantes, los típicos ejemplos de la filosofía neopositivista, como el ya trillado de la relación entre la ley de Galileo y las leyes de Newton.

En este tipo de modelos, una explicación reduccionista involucra reglas y mecanismos empíricos que, con frecuencia, no forman parte de ninguna teoría explícita. En el mejor de los casos, la explicación utiliza fragmentos de una teoría. Pero si bien este tipo de relación de reducción fue hecha explícita por Nickles en 1973, sólo posteriormente fue explotada a fondo por autores como Kauffman (1971) y Wimsatt (1976a, 1976b).

El modelo de Kauffman (1971), que se publica en esta sección, es un buen ejemplo de las estrategias reduccionistas que utilizan los científicos para construir un tipo de explicaciones que son comunes en biología, las llamadas explicaciones por *articulación de partes*. La estrategia consiste, primero, en la descripción adecuada de un proceso orgánico, la cual ayuda a descomponer el proceso en partes o en otros procesos que se articulan para provocar que el organismo se comporte de la manera en que se ha descrito. Segundo, esa descripción constituye la condición suficiente para elaborar lo que Kauffman llama un *modelo cibernético*, el cual muestra cómo las partes simbólicas se articulan para causar una versión simbólica del comportamiento o proceso descrito. Tercero, ese modelo cibernético puede utilizarse para encontrar un *modelo causal isomórfico* que muestra como se relacionan las partes del sistema real para provocar el proceso o comportamiento descrito. El resultado es una explicación causal que utiliza las propiedades de las partes y sus relaciones para dar muestra del proceso orgánico que es el objeto de nuestra descripción.

maria de la hemoglobina en un solo aminoácido (histidina). En este caso, sostiene Waters, es claro que podemos conectar causalmente el carácter fenotípico (a nivel mendeliano y del organismo) con el gene molecular.

Si bien el modelo de Kauffman deja abierta la cuestión de en qué consiste la *articulación* de partes, esto no tiene que verse como una dificultad de fondo. La "articulación de partes" puede entenderse como un aspecto estructural básico de un patrón de explicación que requiere elaboración específica en cada caso. De cualquier forma, es claro que este tipo de explicación causal resulta más familiar a los científicos que el proyecto neopositivista de reduccionismo teórico.<sup>8</sup> Más aún, lo que Kauffman llama una *descripción adecuada* requiere adoptar criterios que dependen del contexto, esto es, de la pregunta que se hace el científico y de aquello que es el objeto de su explicación. Así pues, en el modelo de Kauffman, como en la propuesta más general de Wimsatt a la que pasaremos ahora, la explicación ha dejado de ser una propiedad exclusiva de las leyes universales que se aplican a objetos en condiciones particulares (como todavía lo es en los modelos de reducción teórica); la explicación requiere más bien caracterizar las restricciones ambientales que se consideran relevantes para explicar un proceso, y tales restricciones no están, en cierto sentido, fuera o más allá del objeto particular (esto es, en forma de leyes universales).<sup>9</sup>

#### EL ENFOQUE FUNCIONAL DEL REDUCCIONISMO

Wimsatt es otro autor que ha explotado diversos aspectos de la noción de reducción explicativa en numerosos trabajos (1976a, 1976b, 1980). La propuesta de Wimsatt, sin embargo, es quizás la más general en torno al reduccionismo en biología y su *enfoque funcional* ha sido retomado por él y por otros (especialmente Sarkar, 1991, 1992, Bechtel y Richardson, 1992) para aclarar muchos de los problemas y debates contemporáneos asociados al reduccionismo.

Antes que nada hablemos brevemente de lo que Wimsatt entiende por enfoque funcional, en contraposición a lo que llama el *enfoque estructural* característico del neopositivismo. Según Wimsatt, uno de los efectos negativos del empirismo lógico, con su énfasis en la "estructura lógica" de leyes, teorías, explicaciones y predicciones, ha sido que se ha eliminado la distinción entre dos tipos de reconstrucción racional. Por un lado, la reconstrucción de los patrones de la actividad científica, esto es, el

<sup>8</sup> Por otra parte, como ha señalado Sarkar (1992), el modelo de Kauffman podría apearse aún más a la práctica científica si se toma en cuenta que el *isomorfismo* del modelo cibernético y del modelo "real" no parece ser una condición necesaria para que se mantengan las relaciones causales de ese tipo de explicación.

<sup>9</sup> Al respecto véase los trabajos sobre la llamada *presuposición newtoniana* (la distinción entre leyes universales y aspectos contingentes de una explicación) en Martínez (1993a, 1993b).

análisis (funcional) de las estrategias óptimas mediante las cuales se alcanzan los fines de esa actividad; por otro, la reconstrucción de la ciencia desde un punto de vista lógico o formal (estructural). El problema, según Wimsatt, es que estos dos tipos de reconstrucciones no son necesariamente equivalentes. Un incremento en el rigor, que parecería un objetivo *per se* de una reconstrucción lógica, no es, en cambio, un objetivo *per se* para el mejor desempeño de las actividades científicas. El objetivo de Wimsatt (1976a) es mostrar que un enfoque funcional apoya la conclusión de que las *reducciones informales* son el objetivo real de los científicos en búsqueda de explicaciones reductivas.

Ahora bien, la primacía de los análisis estructurales en la filosofía de la ciencia había implicado una estrategia común para analizar términos, procedimientos y entidades. Esa estrategia consistía en exhibir su forma lógica y en sugerir que la explicación, la predicción y la comprobación de teorías tenían una forma deductiva. Desde ese punto de vista, la reducción teórica (la única que parecía interesante) se entiende —como hemos visto— como deducibilidad de los términos y leyes de una teoría (la reducida) a los conceptos y leyes de otra (la teoría reductora). La pregunta ¿para qué sirven las reducciones, o qué *funciones* cumplen éstas? (que atañe a la reconstrucción de los patrones de actividad científica), rara vez se formuló y discutió en ese contexto.

Uno de los efectos más nocivos del enfoque estructural, de acuerdo con Wimsatt, ha sido colapsar, en un solo tipo de modelo, dos tipos de reducción que cumplen funciones muy diferentes, lo que Nickles (1973) llamó reducción *interniveles* y reducción *intraniveles*. La primera ocurre cuando una teoría de un nivel de organización dado se reduce a una teoría que, presumiblemente, pertenece a un nivel de organización inferior. En este caso, que usualmente combina los dominios de dos teorías, Nickles aceptaba que el modelo de Nagel o la versión modificada de Schaffner, así como sus implicaciones, podrían sostenerse. En cambio, en el segundo caso hay una reducción de teorías que se refieren al mismo nivel de organización. En ese tipo de reducción se preserva el mismo dominio y en ese sentido se trata de teorías rivales ya que se supone que la teoría posterior puede sustituir o eliminar a la previa. Ahora bien, según Nickles, lo que es necesario para que se de una relación de reducción del segundo tipo es una *transformación bien definida* entre teorías.<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Nickles no explica la naturaleza de esta *transformación*, si bien da ejemplos como el de la elección de límites: la mecánica relativista podría verse como un caso límite (respecto a la velocidad de la luz) de la teoría newtoniana. En este caso, dado que una teoría más general puede reducirse como caso límite de una teoría menos general, no puede sostenerse que la teoría reductora explique —en el sentido convencional— a la teoría reducida.

Wimsatt (1976a) mostró que lo que Nickles llamaba *transformaciones* entre teorías proporcionaba una explicación, así sea parcial, de lo que Schaffner llamaba *analogía fuerte* entre teorías. Recordemos que el primer modelo de Schaffner requería de dos condiciones, una condición de derivabilidad entre la teoría reductora y la reducida (que es la primera condición de Nagel), y una condición de analogía fuerte o estrecha entre una versión corregida de la teoría reducida y una versión previa, no corregida, de la misma. Según Wimsatt, estas dos condiciones o, más correctamente, *relaciones*, son características de cada uno de los dos tipos de reducción señalados por Nickles, la interniveles y la (intranivel) *es*, respectivamente. Wimsatt llama al segundo tipo de reducción (intranivel) *reducción sucesional* y, como ya señalamos, considera que este tipo de reducción cumple funciones muy distintas a las de la reducción interniveles. Veamos.

a) La reducción sucesional es una operación de transformación cuya función es localizar y analizar similitudes y diferencias entre la versión corregida y la "original" (*uncorrected*) de una teoría; ambas versiones se refieren al mismo nivel de organización. En la perspectiva de Wimsatt, una reducción sucesional no es una relación teórica que se *descubre*, sino una relación que se *construye* ("no es automática ni autoevidente... implica trabajo", Wimsatt, 1976a, p. 481). La construcción de esa relación sucesional tiene como resultado la localización de una serie de similitudes y diferencias entre teorías, las cuales permiten explicar una teoría como caso límite de la otra (en ciertas condiciones). La localización de las similitudes sugiere nuevas confirmaciones y aplicaciones de por lo menos una de las teorías. Sin embargo, conforme los cambios teóricos (transformaciones) se acumulan, las similitudes y diferencias entre la versión corregida y la versión original se hacen menos notorias. Por ello, dice Wimsatt, la reducción sucesional se comporta como una relación intransitiva; una teoría posterior *no reemplaza* a otra anterior excepto cuando ya no es posible encontrar similitudes y diferencias entre teorías competidoras, y en ese caso es preferible hablar de *eliminación* (teórica).

Ahora bien, como podemos ver, en la concepción de reducción desarrollada por Wimsatt se requiere que abandonemos la idea de que el único tipo de factores importantes en una explicación de la estructura de la ciencia son los factores asociados con la estructura lógica de las teorías. Una relación de reducción sucesional está históricamente construida entre teorías; explota los recursos heurísticos del proceso de construcción de teorías, esto es, los procesos asociados comúnmente con el contexto de descubrimiento de las teorías, y los explota en la elaboración de relaciones de justificación.

b) La reducción interniveles o, como prefiere llamarla Wimsatt, *reducción explicativa*, no es necesariamente una relación entre teorías (como sí lo es, según él, la reducción sucesional). Según Wimsatt, este tipo de reducción es una relación teórica exclusivamente en casos "degeneradamente simples" (1976a, p. 482), afirmación que no sólo responde a la tesis de la perifericidad de la reducción defendida por Schaffner, sino que constituye uno de los elementos más originales de su propuesta. En efecto, en la misma tendencia que Kauffman, el modelo de Wimsatt se refiere a una explicación reduccionista como un tipo de explicación de un proceso o fenómeno que se da en términos de la organización de sus partes; a este tipo de explicación reduccionista se le conoce comúnmente como *explicación por mecanismos* y constituye lo que, en general, los científicos entienden por "explicación reduccionista".

Wimsatt le ha dedicado una serie importante de trabajos a este tipo de reducción, dada su importancia en una gran variedad de debates, entre los que destacan la cuestión de los niveles de organización, la tesis emergentista y la complejidad en la organización de los seres vivos (1976a, 1976b, 1986, y el artículo "La emergencia como no-agregatividad y los sesgos reduccionistas", publicado en este libro) y las estrategias reduccionistas en la discusión sobre las unidades de selección (1980). Dada la importancia de estas cuestiones, y el hecho de que la postura de Wimsatt ha sido tan influyente como de difícil comprensión, dedicaremos el siguiente apartado a exponer algunos aspectos centrales de estas cuestiones.

#### NIVELES DE ORGANIZACIÓN, COMPLEJIDAD Y EMERGENCIA

La observación de que la materia orgánica se organiza en diferentes niveles de complejidad tiene importantes consecuencias en problemas centrales de la biología. A grandes rasgos, algo que caracteriza actualmente a los organicistas es la creencia de que en los diferentes niveles de organización (molecular, celular, organísmico, poblacional, etcétera) existen propiedades que son irreducibles a las propiedades de sus partes (esto es, a las propiedades de un nivel de organización inferior); a estas propiedades se les llama *emergentes*. Por supuesto, delimitar qué son las propiedades emergentes y en qué sentido éstas son (o no) algo que caracteriza a los diferentes niveles de organización, constituye un foco importante de las discusiones más interesantes sobre reduccionismo en biología.

Una postura todavía muy común entre los filósofos de la biología es la heredada del positivismo lógico. Tanto para Hempel como para Nagel (y, como veremos, también para Ayala) el concepto de "emergencia" y

“propiedades emergentes” tiene un carácter contextual o relativo. Esto es, el concepto de emergencia se utiliza para denotar lo “novedoso” no en un sentido psicológico, sino en el sentido de aquello que no es explicable o predecible a partir de una teoría y sobre la base de lo que conocemos en un momento dado; aquello que es emergente en función de nuestras teorías actuales bien puede ser reducido en otro momento a las propiedades de sus partes. Así pues, la noción de emergencia se refiere a las propiedades de un fenómeno que *no* pueden explicarse con la información que contamos, pero que sí son importantes en un nivel inferior de explicación. Para Ayala, por ejemplo, el carácter emergente de una propiedad depende de como se definen las propiedades de las partes del micronivel y de las teorías disponibles en un momento dado.

Ahora bien, conforme se ha abandonado la visión neopositivista de la ciencia, esta concepción de la emergencia de las propiedades ha tendido a modificarse. Ello se debe no sólo a la mencionada tendencia de los filósofos a acercarse a las preocupaciones reales de los científicos, sino al propio desarrollo de la discusión en el seno de teorías científicas específicas, especialmente en campos como la teoría de la evolución (Lewontin, 1970) y la biología de poblaciones (Levins, 1966). Como mencionamos, el trabajo de Wimsatt a este respecto sintetiza ambas inquietudes y no es casual que sus conclusiones apunten a un alejamiento cada vez mayor de las tesis tradicionales del neopositivismo.

Según Wimsatt (1976a, 1976b), mientras que la suma de reducciones sucesivas genera diferencias cada vez más irreconciliables entre teorías que se refieren a un mismo dominio y ello resulta en el reemplazamiento o eliminación de una teoría por otra, en el caso de la reducción explicativa (o interniveles) a este autor le parece ilegítimo hablar de eliminación de la teoría reducida por la teoría reductora. La motivación para hablar de eliminación parece surgir más bien de la búsqueda de una simplicidad ontológica con la cual no concuerda Wimsatt. Si a esa búsqueda por la simplicidad se le añade la transitividad de las reducciones explicativas, se entienden, dice Wimsatt (1976a, p. 483), las esperanzas de los defensores de la “unidad de la ciencia” en encontrar enormes “economías ontológicas a través de la reducción”.<sup>11</sup>

La postura de Wimsatt, a diferencia de la de autores como Hempel y

<sup>11</sup> La exposición que sigue del emergentismo y la existencia de niveles de organización puede verse en relación con los problemas ontológicos que se siguen, al menos en parte, de la condición de conectabilidad de los modelos de reducción teórica, a los cuales ya nos referimos previamente. Wimsatt no está comprometido, sin embargo, con la construcción de modelos de reducción teórica —en el sentido de las secciones anteriores—, por lo que el problema de la conectabilidad de los términos adquiere más bien el carácter de un problema de conexión y explicación de entidades y propiedades de entidades.



Ayala, ha consistido en defender un realismo respecto a los niveles de organización de la materia. De ese realismo se desprende su convicción de que las teorías científicas se refieren a las entidades de estos niveles. Precisamente el tema central de muchos de los trabajos de Wimsatt ha sido defender la idea de que una vez que se considera al reduccionismo como una explicación de un proceso de un nivel superior a partir de las propiedades relacionales de las partes de un nivel de organización inferior, es posible mantener un cierto emergentismo. El emergentismo al que se refiere Wimsatt sostiene que las propiedades de un todo funcional son *algo más que* un simple agregado de las propiedades de las partes.

Así pues, más que hablar de relaciones lógicas entre teorías, Wimsatt se toma en serio la existencia de niveles de organización y de entidades que constituyen dichos niveles. La noción de nivel de organización implica cierto orden o jerarquía, de modo tal que las entidades de niveles superiores están compuestas de entidades de niveles inferiores. Para Wimsatt, los niveles de organización son "máximos locales de regularidad y predictibilidad en el espacio-fase de diferentes modos de organización de la materia". Esto es, cada nivel de organización se caracteriza porque las entidades que lo componen interactúan predominantemente entre sí, lo cual se explica porque las fuerzas que conocemos (fuerzas de selección en niveles de organización superiores o de estabilidad en niveles inferiores) sugieren que la mayoría de las entidades definibles se encuentran en la vecindad de estos espacios-fase. Nuestras teorías más simples y poderosas se refieren, por ello, a entidades que se comportan con máxima regularidad y predictibilidad en estos niveles.

Ahora bien, ¿cómo pretende Wimsatt hacer compatibles el reduccionismo y el emergentismo? Respecto a las explicaciones reduccionistas, Wimsatt (1976b, p. 484) ha dicho que "en un universo en el que el reduccionismo es una buena estrategia, las propiedades de las entidades de nivel superior son predominantemente mejor explicadas en términos de las propiedades e interrelaciones de las entidades de nivel inferior". También, más recientemente, este autor ha sostenido que "una explicación reductiva de un comportamiento o de una propiedad de un sistema es aquella que muestra a la cosa explicada como explicable mecanicistamente en términos de las propiedades y las interacciones entre las partes del sistema" (véase el artículo de Wimsatt, "La emergencia como no-agregatividad y los sesgos reduccionistas", en esta obra).<sup>12</sup> La idea de Wimsatt (1974, 1986) consiste en sostener que puede construirse una no-

<sup>12</sup> No está de más enfatizar que para Wimsatt, como para Kauffman, las explicaciones relevantes son causales, pero no necesitan ser deductivas ni involucrar leyes (1976a). Las explicaciones mecanicistas no son concebidas por Wimsatt, como tradicionalmente lo eran, como explicaciones por leyes (Wimsatt cita a este respecto a Cartwright, 1983).

ción de emergencia que sea consistente con esta visión del reduccionismo si caracterizamos a la emergencia de propiedades como *fallas en la agregatividad* (*failures in aggregativity*) de las propiedades de las partes de un sistema. "La emergencia de una propiedad de un sistema, relativa a las propiedades de las partes de ese sistema, indica la dependencia de esa propiedad respecto del modo de organización (y, por lo tanto, presupone la descomposición del sistema en partes y en sus propiedades)" ("La emergencia...", de Wimsatt, en esta obra). El artículo que presentamos en este libro forma parte de este enfoque general al problema del reduccionismo y el emergentismo según el cual, respecto a ciertas descomposiciones del sistema en sus partes, una propiedad puede ser emergente, mientras que para otras descomposiciones puede no serlo (véase los ejemplos de su artículo). La "dependencia de contexto" presente en la noción de emergencia de Wimsatt, sin embargo, es muy distinta a la "dependencia teórica" sostenida por los neopositivistas. La descomposición de un sistema de la que nos habla Wimsatt se relaciona con un determinado fin o problema científico, pero no es arbitraria; constituye, más bien, un resultado de la perspectiva funcional de Wimsatt. La descomposición de un sistema en sus partes, más que una cuestión estructural, es una heurística de búsqueda de descomposiciones de sistemas en sus partes que sean "máximamente reduccionistas". Esto es lo que cabría esperar dada la caracterización realista de Wimsatt de los niveles de organización y de las teorías relativas a las entidades que los componen: recordemos que nuestras teorías más simples y poderosas se refieren a esos máximos de regularidad y predictibilidad en que se organiza la materia.<sup>13</sup>

En el caso de problemas concretos, como el de las unidades de selección o el de la relación entre la mente y el cuerpo, el objetivo de Wimsatt ha sido, pues, desarrollar un emergentismo que no se oponga al reduccionismo. Pasemos ahora a algunos de esos debates específicos que han alimentado el desarrollo de la filosofía de la biología en las últimas décadas.

#### REDUCCIONISMO Y BIOLOGÍA: UN PANORAMA DE LOS DEBATES ACTUALES

En las últimas décadas el problema del reduccionismo en biología ha estado muy ligado a la discusión acerca de la relación de la genética con la teoría de la evolución y a la relación de la genética mendeliana con la

<sup>13</sup> Esta idea ha sido explotada por Wimsatt en discusiones como la relativa a las unidades de selección, a la que nos referiremos brevemente en la siguiente sección. Según este

biología molecular. Otra polémica que, al menos en parte, concierne a la biología es la de la relación entre la mente y el cuerpo (esto es, la reducción de la psicología a la neurobiología).<sup>14</sup> Estas cuestiones a primera vista son más específicas que aquellas a las que nos referimos en secciones anteriores, pero debido al papel central que desempeñan estas teorías en la biología contemporánea, las respuestas tienen serias implicaciones para nuestra concepción de la biología como un todo unificado de teorías acerca de los fenómenos vitales. Las respuestas tienen, además, implicaciones importantes para la filosofía de la ciencia en general. En la medida en que una filosofía de la ciencia exitosa debe ser capaz de iluminar la estructura de la ciencia, el hecho de que una cierta concepción filosófica sea o no capaz de iluminar problemas específicos que preocupan a los biólogos debe ser tomado en cuenta al decidir las bondades de dicha concepción.

En ésta y la siguiente sección nos referimos a los dos grandes debates que han marcado la filosofía de la biología en la segunda mitad del siglo XX. El primero, que parece haber tenido mayores implicaciones para el desarrollo de modelos de reducción más adecuados a las construcciones de los científicos, es el debate sobre la reducción de la genética mendeliana a la biología molecular, del cual hemos hablado brevemente en las secciones anteriores al referirnos al trabajo de Schaffner, Hull y Wimsatt. El segundo, especialmente importante para aclarar aspectos centrales de la biología evolutiva, es el problema que plantea la relación explicativa o de reducción entre la genética y la teoría de la evolución.

Respecto al debate sobre la reducción de la genética a la biología molecular, es importante señalar que esta cuestión (al igual que la que concierne al segundo debate) no se encuentra de ningún modo resuelta. Hoy en día los autores se dividen entre las dos posturas de manera tan equitativa como lo hacían hace dos décadas. Mientras que Waters (1990) defiende que el antirreduccionismo no podrá seguirse sosteniendo frente al desarrollo de la biología molecular, Kitcher (1984) opina, por otras razones, que la reducción no es posible. Wimsatt (en el artículo que aquí presentamos), continúa sosteniendo su reduccionismo "moderado" y Schaffner (1992) defiende aún la idea de que su modelo GRR explica una reducción periférica de la genética clásica a la biología molecular. Pero

autor, las heurísticas y estrategias reduccionistas han implicado, a lo largo de la historia de la ciencia y en especial de la biología, ciertos sesgos en nuestra construcción de modelos y explicaciones.

<sup>14</sup> En los últimos años la tendencia de los filósofos a discutir problemas cada vez más específicos de la biología ha generado una mayor diversidad de los temas y problemas en discusión. Por ejemplo, Schaffner (1993) se ocupa de la reducción del aprendizaje en *Aplysia* (una especie de caracol marino) la neurociencia.

pese a esta diversidad de posturas y conclusiones, una tendencia general llama la atención: el reconocimiento cada vez más explícito de que la noción tradicional de explicación por leyes es demasiado estrecha y que hace falta desarrollar una visión más compleja y adecuada de lo que son las explicaciones por mecanismos que se integran en modelos explicativos. Esta conclusión, en parte motivada por el reconocimiento de que las condiciones de construcción y la estructura del conocimiento son sumamente diversas,<sup>15</sup> ha conducido a la convicción de que nuestra concepción de la estructura de las teorías científicas tiene que ser modificada (el caso de Schaffner y Waters, quienes sostienen alguna versión estructuralista de las teorías) o bien prácticamente sustituida por una concepción informal o funcional de las mismas (el caso de Kitcher y Wimsatt).

Pasemos ahora al debate en torno a la relación entre genética y teoría evolutiva. Este problema es bastante complejo, por lo que resulta conveniente verlo al menos desde dos puntos de vista: ya sea como una cuestión acerca de las unidades de selección (esto es, cuáles son las *entidades* que son causalmente importantes para explicar la evolución) o como una cuestión acerca de los *mecanismos* que explican esa evolución.

El debate surge con la convicción, compartida por muchos biólogos en nuestro siglo, de que la genética desempeña un papel privilegiado en la estructura de las explicaciones en la biología. Esta postura, pues, defiende alguna versión de la tesis del *determinismo genético*. Dicha tesis consiste, por un lado, en afirmar el carácter ontológicamente fundamental de los genes, esto es, los términos teóricos a partir de los cuales se articulan las explicaciones en genética. Por otro lado, esta tesis lleva a la idea de que la teoría de la evolución se reduce a la genética, en el sentido de que los mecanismos y procesos distintivos de la teoría de la evolución pueden formularse como procesos a nivel genético o explicables a partir de las interacciones entre entidades elementales e individuales, que son los genes. Esta concepción reduccionista de la teoría de la evolución tiende a expandirse a otras teorías y a fomentar la convicción de que otros procesos y estructuras biológicas y sociales son reducibles *en principio* a la genética.<sup>16</sup> Así pues, la hipótesis es atractiva porque permite concebir cómo puede entenderse la biología como una ciencia unificada. Sin embargo, tal y como muestran los trabajos de Ayala y Wimsatt

<sup>15</sup> Nos referimos a trabajos como los de Hacking (1983), Cartwright (1983), Bechtel y Richardson (1992), y Martínez (1996) entre otros.

<sup>16</sup> Por supuesto, como ya sugeríamos en la nota 1, esta noción tiene profundas implicaciones ideológicas que han sido discutidas en un buen número de trabajos. Véase especialmente Lewontin, Rose y Kamin (1987), Lewontin (1991) y el expediente sobre la heredabilidad de la inteligencia en *La Recherche* núm. 283(1996), pp. 69-79.

que se presentan en esta sección, la relación entre la genética y otras teorías biológicas es bastante compleja y no admite el tipo de camisa de fuerza que requiere la hipótesis del determinismo genético.

Como señalamos, algunos de los trabajos de Wimsatt se han centrado en analizar los sesgos que imprimen en nuestros modelos de la naturaleza la elección de ciertas estrategias de investigación reduccionistas. En el caso de la genética de poblaciones y, en especial, del debate en torno a las unidades de selección, Wimsatt (1980) ha podido mostrar cómo ciertas decisiones tomadas en el marco de una metodología reduccionista, y en especial el supuesto de que los genes actúan de manera individual, si bien han sido sumamente fructíferas en una dirección (la posibilidad de construir modelos matemáticos), nos han sesgado en nuestra concepción de las propiedades del genoma. Esto es, la manera en que concebimos al genoma —como un conjunto de genes individuales que actúan de manera independiente— se encuentra restringida por el carácter de las explicaciones que hemos preferido construir, por su mayor simplicidad, en el seno de diversas estrategias y heurísticas reduccionistas. Este hecho adquiere importancia cuando abordamos debates centrales en la biología actual, como el de las unidades de selección. La idea del gen individual como unidad de selección (Williams, 1966, 1992; Dawkins, 1978) recibe sustento, según Wimsatt, de una estrategia que, si bien nos ha permitido desarrollar modelos de genética de poblaciones, no siempre está de acuerdo con lo que actualmente sabemos acerca de los mecanismos de expresión y de interacción entre genes (Lewontin, 1970, 1991).

### ¿ES NECESARIA UNA NUEVA SÍNTESIS EVOLUTIVA?

El artículo de Ayala que se publica en este libro se inscribe también dentro del debate en torno a la reducción de la teoría evolutiva a la genética. Sin embargo, más que centrarse en la discusión en torno a las unidades de selección (como los trabajos arriba señalados), se enfoca en la cuestión de si es posible tener una *teoría* unificada de la evolución, tal y como lo sostenían los llamados arquitectos de la *Teoría Sintética de la Evolución*. Así pues, el artículo de Ayala es representativo porque si bien ejemplifica la tendencia de los filósofos a atacar problemas concretos de la biología, por otro lado adopta un enfoque hasta cierto punto tradicional del problema del reduccionismo, es decir de la reducción como relación entre teorías. En efecto, Ayala discute uno de los casos más debatidos en la biología evolutiva de los últimos 20 años, el de la reducción de los mecanismos que explican la macroevolución a los mecanismos de la microevolución. Sin embargo, si bien por un lado Ayala es un reduccionista

respecto a los mecanismos de la evolución, por otro es un antirreduccionista respecto a las teorías involucradas. En el segundo caso, Ayala formula su respuesta en contra de la reducción asumiendo que el modelo de reducción pertinente es el modelo clásico de reducción teórica de Nagel.

El debate en torno a si los mecanismos que explican los procesos macroevolutivos pueden ser reducidos a los mecanismos microevolutivos aceptados por la Teoría Sintética de la Evolución, tuvo su punto álgido a finales de los años setenta y en la década de los ochenta. Los procesos macroevolutivos son aquellos que ocurren por arriba del nivel de la especiación y abarcan tanto el origen y la extinción de *phyla*, como las llamadas tendencias evolutivas. Los procesos microevolutivos, en cambio, son la mutación, la selección natural, la deriva génica, la migración, y en general los mecanismos que explican la selección adaptativa. Ahora bien, a partir de inicios de la década de los setenta algunos paleontólogos (en especial S. J. Gould y N. Eldredge) han sostenido que los mecanismos de la macroevolución se encuentran *desacoplados* de los mecanismos de la microevolución, y que este hecho ilustra el fracaso del *extrapolacionismo* (o reduccionismo) típico de la Teoría Sintética de la Evolución. De acuerdo con esta teoría, la acción acumulada de los mecanismos microevolutivos durante millones de generaciones produce los fenómenos macroevolutivos. Pero en la perspectiva de los paleontólogos liderados por Gould las unidades de la macroevolución son las especies, no los individuos ni las mutaciones individuales, el cambio morfológico se concentra en los eventos de especiación, y las tendencias evolutivas son el resultado de la selección a nivel de especies.

En conclusión, para los organicistas (antirreduccionistas) modernos, la microevolución es un proceso gradual que genera la lenta adaptación de los organismos a su medio, pero este proceso es independiente de lo que ocurre (o *emerge*) a nivel de la macroevolución. El tiempo y modo de la macroevolución no es el gradualismo darwiniano, sino lo que ellos llaman *equilibrios puntuados* (periodos de *stasis* seguidos de cambios morfológicos rápidos de las especies).

Para responder a esta postura, y como defensor de la Teoría Sintética, Ayala señala que en torno a la reducción de la macroevolución a la microevolución se ponen en juego tres preguntas diferentes, las cuales corresponden, básicamente, a los tres tipos de reduccionismo de los que hablan Mayr (1982) y Sarkar (1992). La primera es una pregunta de tipo ontológico o constitutivo: ¿los mecanismos microevolutivos operan y han operado en todos los taxones en que se observan fenómenos macroevolutivos? La respuesta es claramente afirmativa. La segunda es si los mecanismos microevolutivos son suficientes para explicar los fenómenos

macroevolutivos, o si se requieren mecanismos adicionales para explicarlos. La respuesta también es afirmativa en este caso. Ayala se apoya en una serie de evidencias de la genética (como las llamadas mutaciones homeóticas) y de la paleontología para sostener que la acción acumulada de los mecanismos microevolutivos conocidos son suficientes para explicar los procesos de la macroevolución. La tercera y última pregunta se refiere a si las teorías de la macroevolución pueden ser *deducidas* a partir de las teorías y el conocimiento de los procesos microevolutivos. En este caso la respuesta es negativa. La teoría (microevolutiva) de la genética de poblaciones es compatible tanto con el gradualismo como con el puntualismo (si bien Ayala, a diferencia de autores como Schaffner en 1977 o 1993, no intenta una formalización lógica de esta afirmación).

Hay dos puntos del argumento de Ayala que nos interesa destacar. Por un lado, que la postura antirreduccionista de Ayala (en este último punto) tiene un origen muy distinto a la postura, también antirreduccionista, de sus contrincantes, especialmente Gould. En efecto, mientras que Ayala es un reduccionista en el sentido constitutivo (ontológico) y en el sentido explicativo, Gould defiende una variante de la tesis emergentista ya mencionada, la cual tiene consecuencias explicativas y ontológicas para su manera de enfrentar la discusión. El segundo punto ilustra otro aspecto de la discusión sobre el reduccionismo. Se trata de su suposición de que el problema del reduccionismo se limita al reduccionismo teórico y que el modelo pertinente es el de Nagel.

El debate entre los defensores de la síntesis, representados en este caso por Ayala, y los organicistas modernos, como Gould, recuerda la discusión entre mecanicistas y vitalistas, sin embargo existen diferencias importantes. Para los mecanicistas de siglos anteriores todos los fenómenos que involucran a los seres vivos podrían ser explicados de manera completa en términos mecánicos, lo cual no es necesariamente el caso de los actuales reduccionistas. Ayala y otros autores que defienden la reducción de los mecanismos de la macro a la microevolución (como Mayr o Stebbins, por ejemplo), simultáneamente reconocen la especificidad de las explicaciones por selección natural, y las consideran irreducibles a explicaciones mecanicistas.<sup>17</sup> Los organicistas modernos, por su parte, han intentado ir más allá en su caracterización de la emergencia. Autores como Gould sostienen que los seres vivos se caracterizan

<sup>17</sup> Al respecto, véase el artículo de Barahona y Martínez sobre explicaciones teleológicas en este libro. Ayala defiende claramente la idea de que en la teoría evolutiva se construyen explicaciones teleológicas (las explicaciones por selección natural) que no son reducibles como explicaciones mecanicistas, mientras que Mayr ha adoptado una postura más tradicional al no aceptar que las explicaciones seleccionistas son teleológicas y las ha llamado *teleonómicas*.

por un tipo complejo de unidad o integración de los diferentes procesos que los constituyen, que hace imposible que una explicación de las diferentes partes y procesos constituyentes por separado pueda constituirse en una explicación satisfactoria de los fenómenos biológicos.

La integración compleja, que los organicistas atribuyen a las partes y procesos de los seres vivos, se relaciona con otra diferencia central que los separa de los mecanicistas, a la cual ya nos referimos al hablar del trabajo de Wimsatt. Se trata de la importancia relativa que cada postura otorga a lo que se ha llamado la *organización jerárquica* de los seres vivos, esto es, a la existencia de distintos *niveles de organización* (nivel molecular, celular, de órganos, etcétera). El reduccionista acepta que en la actualidad nuestras explicaciones biológicas se refieren a niveles de organización específicos (hay explicaciones en términos moleculares, o en términos celulares), pero no existen obstáculos para que, en principio, pueda darse algún día una explicación completa de las propiedades de los niveles superiores de organización en términos de las interacciones de las partes y procesos que se localizan en niveles inferiores. Para un organicista, en cambio, las explicaciones mecanicistas nunca pueden llegar a capturar la compleja organización jerárquica de los seres vivos. En efecto, el organicista no sólo reconoce que hay explicaciones distintas para cada nivel de organización, sino que se compromete con la idea de que esos niveles de organización tienen una existencia real (como en el caso de Wimsatt, 1976b o Gould, 1980). Su compromiso ontológico se manifiesta, como vimos en secciones anteriores, en el concepto de *propiedades emergentes*, esto es, propiedades que emergen en un nivel dado de organización y que no son el resultado de las interacciones entre las propiedades de las partes de un nivel inferior.

Un ejemplo de una propiedad emergente, muy citado en este debate, es el siguiente: para algunos organicistas como Gould y Eldredge la *tasa de especiación* es una propiedad emergente del nivel de organización de las especies; que no se encuentra en el nivel de organización inmediato inferior, el de las poblaciones. La propiedad análoga en el nivel poblacional es la llamada *tasa de natalidad*. Los organicistas sostienen que la tasa de natalidad de las poblaciones no explica la tasa de especiación de las especies, pues ésta es el resultado de interacciones y propiedades que sólo se dan a nivel de las especies, como el hecho de ser una especie generalista (eutrópica) o una especie especialista (euriotrópica) respecto a los recursos del ambiente. Un antiemergentista sostendría, por el contrario, que la tasa de especiación es resultado de la interacción de propiedades en las poblaciones de la especie y, en última instancia, es el resultado de la adecuación de los individuos que la componen.

Así pues, en el clímax de este debate, en una serie de trabajos en torno



a si es necesaria una nueva síntesis evolutiva (Gould, 1980, 1982; Stebbins y Ayala, 1981) se han planteado cuestiones de suma importancia no sólo para la biología, sino para la filosofía de la ciencia. Por ejemplo, para Gould el reconocimiento de niveles de organización en los seres vivos implica la existencia de propiedades emergentes.<sup>18</sup> Esto es mucho más de lo que Ayala está dispuesto a conceder. Para Ayala el problema de las propiedades emergentes es falso. O se trata de problemas "mal planteados, o cuando menos son improductivos porque sólo pueden ser resueltos por definición". Más aún, Ayala afirma que

la manera adecuada de formular los problemas sobre las relaciones entre los sistemas complejos y sus partes constituyentes consiste en preguntarse si las propiedades de los sistemas complejos se pueden *deducir* del conocimiento de las propiedades de sus componentes aislados. El tema de la emergencia no puede ser resuelto mediante discusiones acerca de la naturaleza de las cosas o de sus propiedades, pero sí puede hacerse por referencia a nuestro *conocimiento* de ellas.

Así, según Ayala, es posible separar el aspecto epistemológico del problema de la emergencia de su aspecto ontológico, cuestión que es al menos discutible.

Un ejemplo utilizado por Ayala nos puede ayudar a comprender su postura acerca de las propiedades emergentes. Hagamos la siguiente pregunta: ¿las propiedades del cloruro de sodio —la sal común— son simplemente las propiedades del sodio y el cloro cuando se asocian? Si entre las propiedades del cloro y del sodio incluyo su (posible) combinación como sal de mesa y las propiedades de ésta, la respuesta de Ayala es sí. De otro modo, la respuesta es no. A eso se refiere Ayala cuando dice que el problema de las propiedades emergentes es un problema de definición (esto es, de cómo defino las propiedades de la sal de mesa). Si defino de manera adecuada los elementos de la sal de mesa (el cloro y el sodio), debido a que cuento con el conocimiento adecuado, entonces podré *deducir* las propiedades del sistema más complejo (la sal) a partir de las de sus componentes. En resumen, la discusión en torno a las propiedades emergentes debe restringirse, según este autor, a discutir en torno a nuestros enunciados y las relaciones lógicas (de deducción) entre ellos. La pregunta acerca de si es posible una reducción (de la macro a la microevolución) no es el de la "naturaleza de las cosas", dice Ayala. Claramente Ayala, pues, sigue muy de cerca la concepción neopositivista de la ciencia y en particular pretende que el problema de la reducción tiene

<sup>18</sup> Piénsese en la postura realista que, en esta misma cuestión, ha desarrollado Wimsatt, *op. cit.*

que verse en términos de las relaciones lógicas entre los enunciados de teorías diferentes.

### CONCLUSIONES

La presentación de los problemas y debates actuales parece llevarnos a concluir que no hay posibilidad de decidir acerca de qué modelos o posturas son más correctos o mejores que otros. El debate en torno al reduccionismo no sólo no ha sido resuelto, como todos los problemas centrales de la filosofía, sino que se encuentra cada vez más vivo, en parte como un reflejo de la vitalidad de la biología en las últimas décadas. En las últimas décadas del siglo XX, el desarrollo de la biología molecular y de la biología evolutiva —dos áreas comprometidas con problemas centrales de la historia del pensamiento biológico— ha implicado la reformulación del viejo problema de los límites de las explicaciones mecanicistas en biología y, más en general, de la posibilidad de explicar de manera unificada el conocimiento científico, tal y como lo quería Descartes. En efecto, el problema del reduccionismo —que como vimos se encuentra estrechamente conectado a la cuestión de qué es una explicación científica— pone en la mesa del debate la cuestión de en qué sentido (si es que lo es) la ciencia es una empresa unificada.

La respuesta tradicional de que la unidad de la ciencia pasa por la unificación (formal) de las teorías parece, hoy en día, sumamente problemática. Y es importante reconocer que el desarrollo de la filosofía de la biología —y no sólo de la biología— ha tenido que ver con dicha problematización. En la actualidad vemos florecer enfoques pluralistas que reconocen que el conocimiento científico es un depósito de diversos tipos de recursos cognitivos. En este contexto, el *enfoque funcional* del reduccionismo parece ser el más consistente con las tendencias actuales del desarrollo de la filosofía de la biología y de su cada vez más estrecha relación con los problemas específicamente científicos.

### BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, F. C. (1983), "Biology and Physics: Reflections on Reductionism", en A. van der Merwe (comp.), *Old and New Questions in Physics. Cosmology, Philosophy and Theoretical Biology: Essays in Honour of Wolfgang Yourgran*, Plenum Press, Nueva York, pp. 525-534.
- (1989), "Reduction in Biology: A Recent Challenge", en Depew & Ve-  
wer (comps.), *Evolutions at a Crossroads*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Bechtel, W., y R. C. Richardson (1992), *Discovering Complexity: Decom-*

- position and Localization as Strategies in Scientific Research*, Princeton University Press, Princeton.
- Callebaut, W. (1995), "Réduction et explication mécaniste en biologie", *Revue Philosophique de Louvain*, tomo 93, núm. 1-2, pp. 33-66.
- Canguilhem, G. (1976), *El conocimiento de la vida*, Anagrama, Barcelona.
- Darden, L., y N. Maull (1977), "Interfield Theories", *Phil. of Science*, 43, pp. 121-164.
- Dawkins, R. (1978), "Replication Selection and the Extended Phenotype", *Zeitschrift für Tierpsychologie* 47, pp. 61-76.
- Dupré, J. (1993), *The Disorder of Things*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Eldredge, N., y S. J. Gould (1972), "Punctuated Equilibria: An Alternative to Phyletic Gradualism", en Schopf, T. J. M. (comp.), *Models in Paleobiology*, Freeman, Cooper and Co., San Francisco, pp. 82-115.
- Feyerabend, P. K. (1962), "Explanation, Reduction and Empiricism", *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, 3, pp. 28-97.
- Gould, S. J. (1980), "Is a New and General Theory of Evolution Emerging?", *Paleobiology*, 6(1), pp. 119-130.
- (1982), "Darwinism and the Expansion of Evolutionary Theory", *Science*, 216(23), pp. 380-387.
- Hull, D. L. (1972), "Reduction in Genetics: Biology or Philosophy?", *Philosophy of Science*, 39, pp. 491-498.
- (1974), *Philosophy of Biological Science*, Prentice Hall, Englewood-Cliffs.
- (1981), "Reduction and Genetics", *The Journal of Medicine and Philosophy*, 6, pp. 125-143.
- Kauffman, S. A. (1971), "Articulation of Parts Explanation in Biology and the Rational Search for Them", en Buck, R. C., y R. S. Cohen (comps.), *PSA-1970, Boston Studies in the Philosophy of Science*, 8, pp. 257-272 (traducido en este libro).
- Kitcher, P. (1984), "1953 and All That: A Tale of Two Sciences", *Philosophical Review*, 93, pp. 355-373.
- Lenoir, T. (1982), *The Strategy of Life*, University of Chicago Press.
- Levins, R. (1966), "The Strategy of Model Building in Population Biology", *American Scientist*, 54(4), p. 421.
- Lewontin, R. C. (1970), "The Units of Selection", *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, vol. 1, 1-18.
- (1991), *Biology as Ideology*, Harper Collins, Nueva York.
- , S. Rose, y L. J. Kamin (1987), *No está en los genes*, Conaculta/Edit. Crítica, México.
- Lloyd, E. (1988), *The Structure and Confirmation of Evolutionary Theory*, Princeton University Press.

- Martínez, S. F. (1993a), "Método, evolución y progreso en la ciencia (1a. parte)", *Crítica*, vol. 25(73), pp. 37-69.
- (1993b), "Método, evolución y progreso en la ciencia (2a. parte)", *Crítica*, 25(74), pp. 3-21.
- (1995), "La autonomía de las tradiciones experimentales como problema epistemológico", *Crítica*, vol. 27(80), pp. 3-48.
- Mayr, E. (1982), *The Growth of Biological Thought*, The Belknap Press, Harvard University Press.
- Nagel, E. (1961), *The Structure of Science*, Harcourt, Nueva York.
- Nickles (1973), "Two Concepts of Intertheoretic Reduction", *J. Phil.*, 70, pp. 181-201.
- Rosenberg, R. (1985), *The Structure of Biological Science*, Cambridge University Press, Cambridge.
- (1994), *Instrumental Biology or the Disunity of the Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Ruse, M. (1973), *Philosophy of Biology*, Londres, Hutchinson's University Library.
- Sarkar, S. (1989), *Reductionism and Molecular Biology: A Reappraisal* (tesis doctoral), University of Chicago, Departamento de Biología.
- (1991), "Reductionism and Functional Explanation in Molecular Biology", *Uroboros*, 1(1), pp. 1-26.
- (1992), "Models of Reduction and Categories of Reductionism", *Synthese*, 91(1992), pp. 167-194.
- Schaffner, K. F. (1967), "Approaches to Reduction", *Philosophy of Science*, 34, pp. 137-147.
- (1977), "Reduction, Reductionism, Values and Progress in the Biomedical Sciences", en R. Colodny (comp.), *Logic, Laws and Life*, University of Pittsburgh Press, pp. 143-171.
- (1992), *Discovery and Explanation in Biology and Medicine*, University of Chicago Press, Chicago.
- (1993), "Theory Structure, Reduction and Disciplinary Integration in Biology", *Biol. and Phil.*, 8(3), pp. 319-347.
- Stebbins, G. L., y F. J. Ayala (1981), "Is a New Evolutionary Synthesis Necessary?", *Science*, 213(28), pp. 967-971.
- Suppes, P. (1967), en Morgen-Vesser (comp.), *Philosophy of Science Today*, Basic Books, Nueva York, pp. 55-67.
- Thompson, P. (1988), *The Structure of Biological Theories*, Albany, SUNY Press.
- Waters, K. C. (1990), "Why the Antireductionist Consensus Won't Survive the Case of Classical Mendelian Genetics", *PSA* vol. I, pp. 125-139.
- Williams, G. C. (1966), *Adaptation and Natural Selection*, Princeton University Press.

- Williams, G. C. (1992), *Natural Selection: Domains Levels and Challenges*, Oxford, Oxford University Press.
- Williams, M. B. (1970), "Deducing the Consequences of Evolution: A Mathematical Model", *Journal of Theoretical Biology*, 29, pp. 343-385.
- Wilson, E. O. (1975), *Sociobiology: The New Synthesis*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.
- Wimsatt, W. C. (1976a[1984]), "Reductive Explanation: A Functional Account", en R. S. Cohen *et al* (comps.), *PSA 1974*, pp. 671-710. Publicado también en E. Sober (comp.) (1984), *Conceptual Issues in Evolutionary Biology*, MIT Press, Cambridge, pp. 477-507.
- (1976b), "Reductionism, Levels of Organizations and the Mind Body Problem", en G. Globus, I. Sabodnik, y G. Maxwell (comps.), *Consciousness and the Brain*, Plenum, Nueva York, pp. 199-267.
- (1980), "Reductionist Research Strategies and their Biases in the Units of Selection Controversy", en T. Nickles (comp.) (1980), *Scientific Discovery: Case Studies*, D. Reidel Publ. Co., pp. 213-259.
- (1986), "Forms of Aggregativity", en A. Donagan, A. N. Perovich Jr., and M. V. Wedin (comps.), *Human Nature and Natural Knowledge*, pp. 259-291.

## XIX. REDUCCIÓN EN BIOLOGÍA

FRANCISCO J. AYALA\*

EN SU LIBRO *El azar y la necesidad*, Jacques Monod escribió que “los mecanismos elementales de la evolución no sólo han sido comprendidos en principio, sino identificados con precisión [...]. El problema ha sido resuelto, y la evolución descansa ahora tranquila en este lado de la frontera del conocimiento”.

El optimismo de Monod es excesivo. Las causas de la evolución y la pauta de los procesos que la impulsan están lejos de ser comprendidas por completo. Pero tampoco existe justificación para condenar la moderna teoría de la evolución, expresada por unos cuantos paleontólogos. S. J. Gould, por ejemplo, ha escrito que “la síntesis moderna en cuanto a proposición exclusivista, se ha venido abajo en dos de sus afirmaciones fundamentales: el extrapolacionismo (sustitución gradual de los alelos como vía de todo cambio evolutivo) y la confianza casi absoluta en la selección conducente a la adaptación”, y que “la teoría sintética [...] está efectivamente muerta, a pesar de su persistencia como ortodoxia de libro de texto”.<sup>1</sup>

La crítica de Gould a la teoría moderna de la evolución se basa en una versión deformada de la síntesis moderna, y ya ha sido oportunamente refutada. Tras la publicación de esas refutaciones, y quizás a consecuencia de ellas, Gould ha recapacitado. Ahora señala que “nada acerca de la genética de poblaciones microevolutiva o de cualquier otro aspecto de

\* Este capítulo contiene casi literalmente el texto de una conferencia pronunciada en la Universidad de Cambridge (Inglaterra) en 1982 durante la conmemoración del centenario de la muerte de Darwin, y que fue publicada posteriormente con el título de “*Microevolution and macroevolution*” en el libro de D. S. Bendall (comp.), *Evolution from molecules to men* (Cambridge University, Cambridge, 1983, pp. 387-402).

<sup>1</sup> Esta cita de Gould es de su artículo “*Is a new general theory of evolution emerging?*” (publicado en *Paleobiology* núm. 6, 1980, pp. 119-130). El resto de las citas de Gould proceden también de este artículo o de uno de los siguientes *Darwinism and the expansion of evolutionary theory* (*Science*, núm. 216, 1982, pp. 380-387) y “*The meaning of punctuated equilibrium and its role in validating a hierarchical approach to macroevolution* (*Perspectives in evolution*, R. Milkman, (comp.), Sinauer, Sunderland, 1982). Entre las críticas a Gould aparecidas tras la publicación de su artículo de 1980 citado aquí, pueden citarse la de J. S. Levinton y C. M. Simon en *Systematic Zoology* (núm. 29, 1980, pp. 130-142) y la de G. L. Stebbins y F. J. Ayala en *Science* (núm. 213, 1981, pp. 967-971).

la teoría microevolutiva es erróneo o inadecuado a su nivel [...]. Pero esto no es todo". Las críticas, matiza ahora, proponen "mucho menos que una revolución [...] La síntesis moderna es incompleta, no incorrecta". Que la teoría microevolutiva "no es todo" y que "la síntesis moderna es incompleta" son proposiciones inocuas con las que sólo cabe estar de acuerdo.

#### PUNTUALISMO CONTRA GRADUALISMO

Gould y algunos otros paleontólogos han criticado el neodarwinismo con la intención de definir el escenario para una propuesta concreta: la de que la macroevolución —la evolución de las especies, los géneros y los taxones superiores— es un campo de estudio autónomo, independiente de la teoría microevolutiva (y coto intelectual de los paleontólogos). Este clamor autonomista se ha expresado como un "desenganche" de la macroevolución respecto de la microevolución, o como un rechazo de la idea de que los mecanismos microevolutivos pueden extrapolarse para explicar los procesos macroevolutivos.

Y es precisamente esta cuestión, la de si "los mecanismos que subyacen en la microevolución pueden extrapolarse para explicar la macroevolución", lo que me propongo examinar aquí. Los paleontólogos que defienden la autonomía de la macroevolución basan su vindicación en el concepto de que la evolución a gran escala es "puntuada" en vez de "gradual". El modelo del equilibrio puntuado propone que la evolución morfológica actúa a ráfagas; la mayor parte del cambio fenotípico se produciría durante la especiación, de manera que las nuevas especies serían muy distintas morfológicamente de sus antepasados, y luego ya no volverían a producirse más cambios fenotípicos durante periodos que abarcarían muchos millones de años. El modelo gradualista difiere del puntualista en que contempla el cambio morfológico como un proceso más o menos gradual, no asociado estrechamente con la especiación.

Para que nadie dude de que los puntualistas predicán la autonomía de la macroevolución a partir de la presunta naturaleza puntuada de la evolución, a gran escala, ofreceré dos citas de sendos puntualistas, S. M. Stanley y Gould, respectivamente.

Si la especiación rápidamente diferenciadora interpone discontinuidades entre entes [linajes] muy estables, y existe un componente fuertemente aleatorio en el origen de tales discontinuidades [en la especiación], entonces las tendencias filéticas están esencialmente *desacopladas* de las tendencias filéticas dentro de los linajes. La macroevolución está *desacoplada* de la microevolución.

“El equilibrio puntuado es fundamental para la independencia de la macroevolución, puesto que incluye la suposición de que las especies son individuos legítimos y, por consiguiente, capaces de exhibir propiedades irreductibles.”

Si el cambio fenotípico en la microevolución se produce a ráfagas o es más o menos gradual, es un asunto que ha de decidirse empíricamente. En el registro fósil se conocen ejemplos de evolución fenotípica rápida, seguida de largos periodos de estabilidad morfológica. Pero también hay casos en los que la evolución fenotípica parece producirse... se produce a ráfagas bruscas seguidas de largos periodos de estabilidad fenotípica, sino que también defiende que las ráfagas de cambio se producen durante el origen de nuevas especies. Stanley, Gould y otros puntualistas han aclarado que lo distintivo de la teoría del equilibrio puntuado es la asociación entre el cambio evolutivo y la especiación. Baste con la siguiente cita de Gould:

El equilibrio puntuado es una afirmación específica sobre la especiación y su devenir en el curso del tiempo geológico; *no debería usarse como sinónimo de ninguna teoría de cambio evolutivo rápido a cualquier escala [...]*. El equilibrio puntuado mantiene que la especiación acumulada es la raíz de la mayoría de los cambios evolutivos importantes, y que lo que llamamos anagénesis no es por lo común más que una cladogénesis repetida [ramificación], filtrada a través de la red del éxito diferencial a nivel de especie.

Las especies son grupos de poblaciones naturales que se pueden cruzar entre sí y están aisladas reproductivamente. La especiación implica, por definición, la aparición del aislamiento reproductivo entre poblaciones que previamente habían compartido el mismo acervo genético. Pero no es nada evidente cómo el registro fósil puede proporcionar indicios de la aparición del aislamiento reproductivo. Los paleontólogos reconocen las especies por su diferente morfología, tal como se han preservado en el registro fósil. Las especies nuevas que morfológicamente son indistinguibles de sus antepasados (o de otras especies contemporáneas estrechamente emparentadas) no pueden diferenciarse de ellas con este criterio. En muchos grupos de insectos, roedores y otros organismos bien conocidos, es muy frecuente que existan especies gemelas indistinguibles morfológicamente. Por otra parte, las discontinuidades morfológicas en series temporales de fósiles suelen ser interpretadas por los paleontólogos como casos de especiación, a pesar de que puede tratarse de una evolución filética dentro de un linaje único.

Así pues, cuando los paleontólogos emplean los indicios de cambio fenotípico rápido para apoyar el modelo puntualista incurren en un sofisma. La especiación, vista por un paleontólogo, siempre implica cambio



morfológico sustancial. Stanley ha defendido que “el cambio rápido se concentra en poblaciones pequeñas y [...] que es probable que tales poblaciones estén asociadas con la especiación, e improbable que se hayan formado por constricción de todo un linaje”.<sup>2</sup> Pero ambos puntos son discutibles. Primero, puede producirse un cambio rápido (a escala geológica) en poblaciones que no son pequeñas. Segundo, los cuellos de botella en el tamaño de las poblaciones no son necesariamente raros (siempre a escala geológica) dentro de un linaje dado.

Los puntualistas hablan de cambio evolutivo “concentrado en episodios geológicamente instantáneos de especiación ramificada”. Pero los episodios que parecen instantáneos a la escala del tiempo geológico pueden abarcar miles —e incluso millones— de generaciones. Gould, por ejemplo, ha revestido de operatividad la confusa expresión “geológicamente instantáneo”, al proponer que “se defina como el 1% o menos del tiempo transcurrido durante su posterior estancamiento. Esto significa hasta 100 000 años para el origen de una especie con una duración posterior de 10 millones de años”. Pero 100 000 años suponen un millón de generaciones en un insecto como *Drosophila*, y decenas o centenares de miles de generaciones en los peces, las aves o los mamíferos. La causa de los episodios de especiación o los cambios morfológicos ocurridos durante miles de generaciones pueden explicarse mediante los lentos procesos de sustitución alélica, tan familiares a los biólogos que estudian la genética de poblaciones. Por consiguiente, el problema al que se enfrenta la teoría microevolucionista no es cómo interpretar el cambio paleontológico, dado que ocurre en lapsos de tiempo largos, sino por qué los linajes persisten durante millones de años sin cambios morfológicos visibles. Aunque se han propuesto otras explicaciones, parece que la selección estabilizadora puede ser el proceso más frecuentemente responsable del estancamiento morfológico de los linajes.<sup>3</sup> Ahora bien, si la teoría microevolutiva es suficiente para explicar tanto la evolución puntuada como la gradual ya es otra cuestión, de la que me ocuparé enseguida.

#### EL TEMA DEL REDUCCIONISMO

Según los defensores del equilibrio puntuado, la evolución filética discurre a dos niveles. Primero, en el seno de una población se da un cambio

<sup>2</sup> Las citas son del libro de S. M. Stanley, *Macroevolution: Pattern and process*, W. H. Freeman, San Francisco, 1979.

<sup>3</sup> El argumento de que la selección natural estabilizadora explica el estancamiento de ciertos linajes evolutivos ha sido propuesto, por ejemplo, en las páginas 7 y 8 del artículo de Stebbins y Ayala citado anteriormente.

que es constante en el tiempo. Dicho cambio consiste, en gran parte, en sustituciones alélicas estimuladas por la selección natural, la mutación, la deriva genética y demás procesos familiares a quienes estudian la genética de las poblaciones, que operan al nivel del organismo individual. Según los puntualistas, la mayor parte de esta evolución en los linajes establecidos rara vez —por no decir ninguna— produce cambios morfológicos sustanciales. En segundo lugar, existe un proceso de origen y extinción de especies, y el grueso del cambio morfológico estaría asociado a la aparición de especies nuevas. Las tendencias evolutivas serían el resultado de las pautas de origen y extinción de las especies, no de la evolución dentro de linajes establecidos. Por consiguiente, la unidad más apropiada para el estudio macroevolutivo sería la especie más que el organismo individual. De este argumento se sigue que el estudio de los procesos microevolutivos proporcionaría poca o ninguna información acerca de las pautas macroevolutivas —es decir, del ritmo y del estilo de la evolución a gran escala—. Así pues, la macroevolución sería autónoma respecto de la microevolución, de la misma manera que la biología es autónoma respecto de la física. Gould ha resumido el argumento: “La individualización de las unidades de los niveles altos basta para echar por tierra el reduccionismo del darwinismo tradicional, pues la pauta y el estilo de la evolución dependen críticamente de la disposición de los individuos de los niveles superiores [es decir, de la especie].”

La cuestión planteada es el problema general de la reducción de una rama de la ciencia a otra. Pero, como suele ocurrir con las cuestiones del reduccionismo, en el problema de si los mecanismos microevolutivos pueden explicar los procesos macroevolutivos se confunden cuestiones que nada tienen que ver entre sí. Es necesario identificar las que están en juego si se quiere dar una solución y si han de evitarse errores, declaraciones exageradas y sobresaltos injustificados.

La cuestión de si “los mecanismos que subyacen en la microevolución pueden ser extrapolados” a la macroevolución plantea a su vez como mínimo otras tres cuestiones: 1) si los procesos microevolutivos *operan* (y han operado en el pasado) en todos los organismos que componen los taxones en los que se observan fenómenos macroevolutivos; 2) si los procesos microevolutivos identificados por los genetistas de poblaciones (mutación, deriva genética, selección natural) son suficientes para *explicar* los cambios morfológicos y otros fenómenos macroevolutivos observados en los taxones superiores, o si es preciso postular procesos microevolutivos adicionales, y 3) si las teorías que atañen a las tendencias evolutivas y demás pautas macroevolutivas pueden *deducirse* del conocimiento de los procesos microevolutivos.

Quizá las distinciones que he hecho queden más claras si las expusiera como las formularía un biólogo preocupado por la cuestión de si las leyes físicas y químicas pueden extrapolarse a la biología. La primera cuestión sería si las leyes de la física y la química pueden aplicarse a los átomos y moléculas presentes en los seres vivos. La segunda, si las interacciones entre átomos y moléculas según las leyes conocidas de la física y la química son suficientes para explicar los fenómenos biológicos, o si el funcionamiento de los seres vivos requiere tipos adicionales de interacción entre átomos y moléculas. La tercera, si las teorías biológicas pueden deducirse de las leyes y teorías de la física y la química.

El primer tema planteado puede ser resuelto con facilidad. Es muy improbable que algún biólogo se atreva a defender seriamente que las leyes de la física y la química no son aplicables a los átomos que componen los seres vivos. Del mismo modo, parece improbable que algún paleontólogo o macroevolucionista pueda afirmar que la mutación, la deriva, la selección natural y demás procesos microevolutivos no son aplicables a los organismos y poblaciones que componen los taxones superiores estudiados por la macroevolución. Existe, claro está, un problema adicional: la macroevolución está muy relacionada con los fenómenos del pasado, de modo que es imposible observar directamente los procesos microevolutivos en las poblaciones de los organismos extinguidos. Pero ello no es razón para dudar de que las estructuras genéticas de las poblaciones que vivieron en el pasado fueran diferentes en lo fundamental de las estructuras de las poblaciones actuales; y tampoco hay razón para creer que los procesos de mutación, deriva genética y selección natural, o la naturaleza de las interacciones entre los organismos y el ambiente, tuvieran que ser esencialmente diferentes para, pongamos por caso, los trilobites del Paleozoico o los ammonites del Mesozoico que para los moluscos o peces actuales. Las poblaciones extinguidas pueden haber experimentado diferencias cuantitativas en la importancia relativa de uno u otro proceso respecto de las poblaciones actuales —al igual que ocurre entre las diferentes poblaciones actuales—, pero difícilmente éstos habrían sido de distinta índole. Por otra parte, el estudio de la evolución bioquímica revela una notable continuidad y cambio gradual de las macromoléculas de información (ADN y proteínas) en los más diversos organismos, lo que confirma que los procesos actuales de cambio en la población han persistido durante la historia evolutiva.

PROCESOS MICROEVOLUTIVOS  
Y RITMO DE LA EVOLUCIÓN

La segunda cuestión planteada en el apartado anterior es bastante más interesante que la primera: ¿Pueden los procesos microevolutivos observados por los genetistas que estudian las poblaciones explicar los fenómenos macroevolutivos, o hay que postular para ellos procesos genéticos distintos? Los grandes cambios morfológicos (fenotípicos) observados en la historia evolutiva y la rapidez con la que aparecen en el registro fósil constituyen un hecho importante. Otra cuestión es la aparente persistencia de las especies, con pequeños cambios morfológicos o sin ellos, durante cientos de miles de millones de años. El dilema es que los procesos microevolutivos producen aparentemente cambios pequeños pero continuados, mientras que la macroevolución, tal y como la entienden los puntualistas, se produce mediante cambios muy rápidos e intensos, seguidos de largos periodos sin cambio alguno.

Goldschmidt defendía hace tiempo que la incompatibilidad era real: "El paso decisivo en la evolución, el primer paso hacia la macroevolución, el paso de una especie a otra, requiere otro método evolutivo que el de la pura acumulación de micromutaciones." La solución de Goldschmidt fue postular "mutaciones sistemáticas", productoras de "monstruos prometedores" que, de vez en cuando, encontrarían un nuevo nicho ecológico, un nuevo modo de vida, para el cual estarían sumamente preadaptados. Pero el conocimiento progresivo de la naturaleza y organización del material genético adquirido durante los últimos cuarenta años excluye las "mutaciones sistemáticas" postuladas por Goldschmidt,<sup>4</sup> que implicarían transformaciones de todo el genoma.

Se conocen mutaciones en un solo gen o cromosoma que tienen efectos muy conspicuos sobre el fenotipo, porque actúan tempranamente en el embrión y sus efectos se amplifican durante el desarrollo. Ejemplos de estas "macromutaciones", analizadas con sumo cuidado en *Drosophila*, son los mutantes "bitórax" y los mutantes homeóticos que transforman una estructura corporal en otra —por ejemplo, una antena en una pata—. El problema de si las diferencias morfológicas que caracterizan los distintos taxones se deben a tales "macromutaciones" a la acumulación de mutaciones de menor efecto, ha sido analizado sobre todo en plantas, ya que con ellas pueden obtenerse híbridos interespecíficos e incluso intergenéricos fértiles. Los resultados no apoyan la hipótesis de que sean necesarias macromutaciones para la divergencia a escala macroevolutiva.<sup>5</sup>

<sup>4</sup> Goldschmidt, *The Material Basis of Evolution*, Yale University, New Haven, 1940.

<sup>5</sup> La evidencia contra las macromutaciones se ha expuesto en numerosos trabajos; los más importantes se citan en el artículo de Stebbins y Ayala antes mencionado.

Por otra parte, Lande ha demostrado de modo concluyente que pueden producirse cambios morfológicos importantes, como los que afectan al número de dedos o extremidades, de una manera geológicamente rápida, mediante la acumulación de mutaciones de poca monta.<sup>6</sup> El análisis de las progenies de cruces entre razas o especies muy diferentes en un carácter cuantitativo (incluso hasta en 30 desviaciones típicas del fenotipo) indica que esas diferencias pueden deberse a los efectos acumulativos de, como máximo, 5 a 10 genes de segregación independiente.

La afirmación de los puntualistas en el sentido de que las mutaciones con un fuerte efecto sobre el fenotipo deben haber sido las responsables del cambio evolutivo, se basa en la rapidez con que aparecen discontinuidades morfológicas en el registro fósil. Pero la evidencia aducida no apoya necesariamente dicha afirmación. Microevolucionistas y macroevolucionistas utilizan diferentes escalas de tiempo. Como se ha señalado, los "instantes geológicos" durante los cuales se produce la especiación y los cambios morfológicos pueden comprender intervalos del orden de 100 000 años. Existen pocas dudas respecto a que la acumulación gradual de mutaciones pequeñas puede producir cambios morfológicos considerables durante periodos de tal magnitud.

El trabajo de Anderson sobre el tamaño corporal de *Drosophila pseudoobscura* proporciona una estima de los ritmos de cambio morfológico gradual producido por selección natural.<sup>7</sup> Se criaron grandes poblaciones de esta especie (procedentes todas ellas de una sola pareja de progenitores) a diferentes temperaturas, y se dejó que evolucionaran a su aire durante muchas generaciones. El resultado fue que se produjo en ellas un cambio gradual, genéticamente determinado, del tamaño corporal, con las moscas criadas a temperaturas bajas evolucionando como era de esperar hacia tamaños mayores que los de las moscas sometidas a temperaturas altas. Al cabo de 12 años, el tamaño medio de las moscas de la población mantenida a 16°C era aproximadamente un 10% mayor que el de las moscas mantenidas a 27°C. Admitiendo 10 generaciones por año, las poblaciones divergieron a un ritmo de  $8 \times 10^{-4}$  del valor medio por generación.

Los paleontólogos han hecho hincapié en el ritmo neto de evolución extremadamente elevado característico de la filogenia humana. Interpretada en función de la hipótesis puntualista, la filogenia humana habría consistido en una sucesión de saltos o mutaciones geológicamente instantáneas, separadas por largos periodos sin cambio morfológico. ¿Podrían deberse estas ráfagas de evolución fenotípica a la acumulación

<sup>6</sup> Véase el artículo de R. Lande en *Genetics* (núm. 99, 1981, pp. 541-553).

<sup>7</sup> Véase el artículo de W. W. Anderson en *Evolution* (núm. 27, 1973, pp. 278-284).

gradual de pequeños cambios? Consideremos la capacidad craneal, el carácter que ha cambiado relativamente más. El ritmo de cambio neto más rápido se presentó hace unos 500 000 años, cuando nuestros antepasados estaban representados por *Homo erectus*, y hace 75 000 años, cuando apareció el hombre de Neandertal, con una capacidad craneal similar a la del ser humano actual. En ese intervalo de 425 000 años, la capacidad craneal evolucionó desde los 900 cm<sup>3</sup> del hombre de Pekín hasta los 1 400 cm<sup>3</sup> del hombre de Neandertal. Supongamos que el aumento del tamaño cerebral se produjo en un único periodo, a un ritmo como el observado en *Drosophila pseudoobscura* de  $8 \times 10^{-4}$  del valor medio por generación: en tales condiciones, el paso de 900 a 1,400 cm<sup>3</sup> pudo haberse producido en 540 generaciones, que equivaldría a unos 13 500 años si suponemos 25 años por generación. Trece mil años son, desde luego, un instante geológico, y sin embargo, este "brote evolutivo" pudo haber tenido lugar por acumulación de mutaciones (de escaso efecto cada una) con un ritmo comparable al observado en los estudios microevolutivos.

Así pues, los procesos conocidos de microevolución pueden mostrar del cambio macroevolutivo, inclusive cuando éste se produce según el modelo puntualista —es decir, a ritmo rápido, concentrado en intervalos de tiempo geológicamente breves—. Pero, ¿y el problema del estancamiento evolutivo? Según la teoría del equilibrio puntuado, después del brote inicial de cambio morfológico asociado con su origen, las especies no sufren por lo general cambios sustanciales en el fenotipo durante periodos que pueden ser del orden de muchos millones de años. ¿Se han de postular nuevos procesos, aún desconocidos por los genetistas que estudian las poblaciones, que explican la dilatada persistencia de linajes sin cambios fenotípicos manifiestos? La respuesta es que no.

La persistencia geológica de linajes sin cambios morfológicos ya era conocida por Darwin, quien en la última edición de *El origen de las especies* escribía: "Muchas especies, una vez formadas, no sufren ningún cambio posterior [...]; y los periodos durante los cuales las especies han sufrido modificaciones, aunque resulten muy extensos medidos en años, probablemente son muy cortos en comparación con aquellos durante los cuales su forma se mantiene invariable." Una morfología que tenga éxito puede permanecer invariable durante periodos extremadamente largos, a pesar de las sucesivas especiaciones —como se manifiesta, por ejemplo, en la existencia de especies gemelas, que en muchos casos conocidos han persistido durante millones de años.

Los evolucionistas han sido muy conscientes del problema del estancamiento y han planteado un gran número de hipótesis alternativas, consecuentes con los principios microevolutivos y suficientes para expli-

car el fenómeno. Aunque el asunto dista mucho de estar resuelto definitivamente, el peso de la evidencia apoya la selección estabilizadora como principal proceso responsable del estancamiento morfológico de los linajes a lo largo del tiempo geológico.

#### LA AUTONOMÍA DE LA MACROEVOLUCIÓN

La macroevolución y la microevolución no están desacopladas en los dos sentidos que se han expuesto hasta ahora, es decir, que existe identidad en los hechos y compatibilidad de las teorías. En primer lugar, las poblaciones en las que se han estudiado las pautas macroevolutivas son las mismas que evolucionan a escala microevolutiva. Y en segundo lugar, los fenómenos macroevolutivos pueden interpretarse como resultado de procesos microevolutivos conocidos. Es decir, la teoría del equilibrio puntuado es coherente con la teoría genética de poblaciones, como también lo es la del gradualismo filético. En realidad, cualquier teoría macroevolutiva correcta debe ser compatible con la teoría de la genética de poblaciones, puesto que esta última se encuentra bien asentada.

Ahora bien, vuelvo a la tercera de las cuestiones planteadas anteriormente: ¿Es posible deducir la teoría macroevolutiva a partir del conocimiento microevolutivo? La respuesta sólo puede ser negativa en el estado actual de nuestros conocimientos. Si la teoría macroevolutiva pudiera deducirse de los principios microevolutivos, sería factible decidir entre modelos macroevolutivos competidores examinando simplemente las implicaciones lógicas de la teoría microevolutiva. Sin embargo, la teoría de la genética de las poblaciones es compatible tanto con el gradualismo como con el puntualismo y, por consiguiente, no se inclina lógicamente por ninguno de ellos. Estudiando las pautas macroevolutivas ha de decidirse si el ritmo y el modo de la evolución se ajustan predominantemente al modelo del equilibrio puntuado o al gradualismo. En otras palabras, las teorías macroevolutivas no son reducibles (al menos, en el estado actual de nuestros conocimientos) a la microevolución. Por consiguiente, la microevolución y la macroevolución están desacopladas en el sentido (que epistemológicamente es el más importante) de que la macroevolución es un campo de estudio autónomo que debe desarrollarse y verificar sus propias teorías.

Los puntualistas han reclamado autonomía para la macroevolución porque las especies —las unidades de estudio de la macroevolución— están más arriba en la jerarquía de la organización del mundo de los seres vivos que los organismos individuales. Las especies, dicen ellos, tienen propiedades “emergentes”, no exhibidas por las entidades del nivel

inferior ni predecibles a partir de las mismas. En palabras de Gould, el estudio de la evolución entraña "un concepto de jerarquía, un mundo construido no como un continuo uniforme y sin fisuras, que permitiría una sencilla extrapolación desde los niveles inferiores a los superiores, sino como una serie de niveles en ascenso ligado cada uno de ellos al inferior en algunos aspectos, e independiente en otros [...]. Las características 'emergentes', no implícitas en los procesos de los niveles inferiores, pueden controlar los sucesos de los niveles superiores." Aunque estoy de acuerdo con la tesis de que las teorías macroevolutivas no son reducibles a los principios microevolutivos, demostraré que es un error basar esta autonomía en la organización jerárquica de la vida, o en pretendidas propiedades emergentes exhibidas por las unidades de los niveles superiores.

El mundo de los seres vivos está estructurado según una jerarquía de niveles que, partiendo del átomo, pasa por las moléculas, los orgánulos, las células, los tejidos, los órganos, los individuos multicelulares y las poblaciones, hasta llegar a las comunidades. El tiempo añade otra dimensión a la jerarquía evolutiva, con la interesante consecuencia de que se producen transiciones de un nivel a otro: a medida que el tiempo pasa, los descendientes de una sola especie pueden incluir diferentes especies, géneros, familias, etc. Pero la diferenciación jerárquica del mundo vivo no es ni necesaria ni suficiente para la autonomía de las disciplinas científicas. No es necesaria porque las entidades de un nivel jerárquico dado pueden ser objeto de estudio de diversas disciplinas: la célula, por ejemplo, lo es de la citología, la genética, la inmunología, etc. Incluso un solo *hecho* puede ser tema de estudio de varias disciplinas. El hecho de que yo haya escrito este párrafo puede ser estudiado por un fisiólogo interesado en el funcionamiento de los músculos y los nervios, por un psicólogo que se ocupe de los procesos mentales, por un filósofo preocupado por el problema epistemológico que estamos debatiendo, etc. Y, por otro lado, la diferenciación jerárquica del objeto de estudio tampoco es una condición suficiente para la autonomía de las disciplinas científicas que lo investigan: la teoría de la relatividad recorre todo el camino desde las partículas subatómicas hasta el movimiento de los planetas, y las leyes genéticas se aplican lo mismo a los organismos pluricelulares que a las entidades celulares e incluso subcelulares.

Una supuesta razón para la independencia teórica de los distintos niveles jerárquicos es la aparición de "propiedades emergentes, no implícitas en el funcionamiento de los niveles inferiores, [pero] que pueden controlar los hechos de los niveles superiores". La cuestión de la emergencia viene de antaño, en particular de las discusiones sobre la reductibilidad de la biología a las ciencias físicas. Se trata de dilucidar, por



ejemplo, si las propiedades funcionales del riñón son simplemente las propiedades de los constituyentes químicos de dicho órgano. En el contexto de la macroevolución, la pregunta es: ¿tienen las especies propiedades diferentes de las que presentan los organismos individuales que las componen? He defendido en alguna parte que los problemas acerca de la emergencia de las propiedades están mal planteados, o cuando menos son improductivos porque sólo pueden ser resueltos por definición. La manera adecuada de formular los problemas sobre las relaciones entre los sistemas complejos y sus partes constituyentes consiste en preguntarse si las propiedades de los sistemas complejos se pueden *deducir* del conocimiento de las propiedades de sus componentes aislados. El tema de la emergencia no puede resolverse mediante discusiones acerca de la "naturaleza" de las cosas o de sus propiedades, pero sí puede hacerse por referencia a nuestro *conocimiento* de ellas.

Consideremos la siguiente cuestión: ¿las propiedades del cloruro sódico —en la sal común— son simplemente las propiedades del sodio y del cloro cuando se asocian según la fórmula  $\text{NaCl}$ ? Si entre las propiedades del sodio y del cloro incluyo su combinación como sal de mesa y las propiedades de esta última, la respuesta es "sí"; de otro modo, la respuesta es "no". Pero la solución en ambos casos es un simple problema de definición, y zanjar el asunto mediante manipulaciones de la definición contribuye muy poco a la comprensión de las relaciones entre los sistemas complejos y sus componentes.

¿Existe alguna regla mediante la cual se pueda decidir si las propiedades de los sistemas complejos han de figurar entre las propiedades de sus componentes? Si suponemos que estudiando los componentes por separado podemos deducir en cierto modo las propiedades que éstos tendrán cuando se combinen entre sí, parece razonable incluir las propiedades "emergentes" en el conjunto de las propiedades de las partes. (Obsérvese que esta solución al problema implica que una característica que puede parecer emergente al principio puede no parecerlo en un estadio avanzado del conocimiento.) A menudo, no importa cuán exhaustivamente se haya estudiado un objeto aislado, es imposible comprobar las propiedades que tendrá asociado con otros objetos. No podemos deducir las propiedades del alcohol etílico, las proteínas o el ser humano a partir del estudio del hidrógeno, y por tanto no tiene sentido incluir las propiedades de aquellos entre las de éste. Sin embargo, el punto importante es que el problema de las propiedades emergentes es falso y necesita una reformulación en términos de proposiciones que expresen nuestro conocimiento. Una cuestión legítima es si las *afirmaciones* referentes a las propiedades de los organismos (no las propiedades en sí) se pueden deducir lógicamente de las afirmaciones referentes a sus componentes físicos.

La cuestión de la autonomía de la macroevolución, al igual que otras cuestiones de reducción, sólo se pueden resolver mediante investigaciones empíricas de las consecuencias lógicas de las proposiciones, y no mediante discusiones acerca de la "naturaleza" de las cosas o de sus propiedades. Lo que está en liza no es si el mundo de los seres vivos está organizado jerárquicamente —que sí lo está—, o si las entidades de los niveles superiores tienen propiedades emergentes —que es una cuestión falsa. Lo que está en liza es si, en cada caso particular, una serie de *proposiciones* formuladas en un campo definido del conocimiento (por ejemplo, la macroevolución) puede ser deducida de otra serie de proposiciones (por ejemplo, la teoría microevolutiva). Las teorías científicas son proposiciones sobre el mundo natural, y únicamente la investigación de las relaciones lógicas entre las proposiciones permite establecer si una teoría o una rama de la ciencia se pueden reducir a alguna otra teoría o rama de la ciencia. Ello implica que una disciplina autónoma en un determinado nivel de conocimiento puede verse reducida a otra en una época posterior. La reducción de la termodinámica a la mecánica clásica fue factible sólo cuando se descubrió que la temperatura de un gas mantiene una relación simple con la energía cinética media de sus moléculas. La reducción de la genética a la química no podía haberse realizado sin antes descubrir la naturaleza química del material hereditario (desde luego, no estoy insinuando que la genética pueda reducirse hoy día completamente a la química, pero sí que es posible hacer una reducción parcial, que no podía hacerse antes de conocer la estructura y el mecanismo de replicación del ADN).

Nagel ha formulado las dos condiciones necesarias y a la vez suficientes para reducir una teoría o rama de la ciencia a otra: la condición de derivabilidad y la de conectabilidad.<sup>8</sup>

La *condición de derivabilidad* requiere que las leyes y teorías de la rama de la ciencia a reducir se deriven como consecuencia lógica de las leyes y teorías de la otra rama de la ciencia que pretende abarcarla. La *condición de conectabilidad* exige que los términos característicos de la rama de la ciencia a reducir puedan ser redefinidos en el lenguaje de la rama de la ciencia a la cual va a reducirse —tal redefinición es necesaria, claro está, para analizar las conexiones lógicas entre las teorías de las dos ramas científicas.

Los procesos microevolutivos, por lo que hoy sabemos, son compatibles con los dos modelos de macroevolución —puntualismo y gradualis-

<sup>8</sup> Las condiciones de conectabilidad y derivabilidad han sido definidas por E. Nagel en su libro *The Structure of Science* (Harcourt, Brace and World, Nueva York, 1961). Véase también mi artículo sobre la autonomía de la biología como disciplina científica en *American Scientist* (núm. 56, 1968, pp. 207-221).

mo. A partir del conocimiento microevolutivo no podemos deducir cuál de los modelos macroevolutivos impera, ni podemos deducir las respuestas a otras muchas cuestiones macroevolutivas, tales como los ritmos de evolución morfológica, las pautas de extinción de las especies y los factores reguladores de la diversidad taxonómica. La condición de derivabilidad no se satisface: las teorías, los modelos y las leyes de la macroevolución no se pueden deducir de manera lógica de las teorías y leyes de la biología de poblaciones al menos en el estado actual del conocimiento.

Concluiremos, pues, diciendo que los fenómenos macroevolutivos son compatibles con las teorías microevolutivas, pero que su estudio requiere plantear hipótesis y modelos autónomos (que han de ser verificados empleando evidencias macroevolutivas). En este importantísimo sentido epistemológico, la macroevolución está desacoplada de la microevolución, y es un campo autónomo de investigación evolutiva.

## XX. LA EMERGENCIA COMO NO AGREGATIVIDAD Y LOS SESGOS REDUCCIONISTAS

WILLIAM C. WIMSATT

### INTRODUCCIÓN: REDUCCIÓN Y EMERGENCIA

UN BUEN reduccionista tradicional podría suponer que la emergencia está destinada a ser cosa del pasado —es decir, que conforme conocemos más y más acerca del mundo, el espacio para las propiedades emergentes disminuye cada vez más—. Desde esta perspectiva (junto con la creencia de que la ciencia reduccionista seguirá creciendo), sostener que hay propiedades que son emergentes no es más una confesión de ignorancia temporal —esto es, que cuando tengamos una explicación reduccionista para un fenómeno, habremos demostrado que no es emergente—. Ésta es la noción de emergencia con la cual crecí —elaborada tanto por Carl Hempel como por Ernest Carnap (véase Nagel, 1961). Y existe un solo problema con ella. Que es falsa, o tan cercana a la falsedad, como lo puede ser una conclusión filosófica. Primero que nada, es falsa porque con frecuencia choca con las intuiciones que tenemos cuando algo es emergente. Pero sobre todo fracasa porque nos obliga a tomar posiciones a lo largo de un eje que es ortogonal con respecto al eje más revelador del problema (Wimsatt, 1986). En este artículo sostendré que uno puede (y debería) ser un reduccionista, y al mismo tiempo un emergentista, una vez que se comprenden adecuadamente estas nociones. Aunque no argumentaré más sobre esto, una comprensión adecuada de estas nociones también eliminará uno de los malentendidos que ha engendrado mayor oposición al reduccionismo. Podrá haber razones para oponerse a la perspectiva reduccionista en general o en varios casos particulares, pero las afirmaciones que involucran propiedades emergentes, y que ahora abundan en las discusiones sobre dinámica no-lineal, construcción de modelos conexionistas, caos, vida artificial y en otras partes, raramente proporcionan un apoyo para ello, pues con frecuencia ofrecen explicaciones reduccionistas sorprendentes y reveladoras para fenómenos cualitativos “emergentes” que no podríamos explicar de otra manera.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> El libro de Stuart Kauffman (1993), *The Origins of Order*, proporciona una amplia gama de ejemplos de explicaciones reduccionistas de fenómenos emergentes, para quien quiera ir más allá.

Aunque por ahora se ha vuelto tradicional suponer que las propiedades emergentes no deben ser reducibles, algunas cuestiones interesantes caen fuera de una noción reduccionista de la emergencia. Esto requiere una perspectiva en cierto modo diferente de la reducción, que sea más amplia de la que comúnmente sostienen los filósofos, pero que reconocerían los científicos que se consideran a sí mismos reduccionistas (Wimsatt, 1976a, 1976b, 1979). Para elaboraciones más recientes, véase también Sarkar, 1992, Waters, 1990, y Bechtel y Richardson, 1993.<sup>2</sup> Para un acercamiento complementario de la relación entre causación y explicación mecanicista, véase Glennan (1992). *Una explicación reductiva de un comportamiento o de una propiedad de un sistema es aquella que muestra a la cosa explicada como explicable mecanicistamente en términos de las propiedades de y las interacciones entre las partes del sistema.* (Véase también Kauffman, 1971). Las explicaciones importantes son causales, pero no necesitan ser deductivas y tampoco necesitan involucrar leyes. (Aquí estoy en desacuerdo con la idea tradicional de que una explicación mecanicista es una explicación en términos de leyes. Wimsatt, 1976b; Cartwright, 1983).

¿Por qué tener una perspectiva de la emergencia que sea consistente con el reduccionismo? Consideremos un circuito oscilador electrónico. No existe nada misterioso, antirreduccionista o inexplicable en un oscilador. Se puede construir uno si se conectan correctamente una inductancia, un capacitor y una resistencia a una fuente de voltaje. El sistema tiene la propiedad de ser un oscilador, aunque ninguna de sus partes aisladas exhiba las propiedades de un oscilador. Más aún, es la manera como se encadenan estas piezas dispersas, lo que las hace un oscilador (un oscilador debe contener un circuito cerrado, por ejemplo). Existe una teoría —de hecho, deductiva— que relaciona las propiedades de las partes con la frecuencia y amplitud del oscilador —una teoría reduccionista incluso en las condiciones fuertes del modelo formal de la reducción. Pero intuitivamente éste es un caso de emergencia, aunque claramente no podría ser identificado como tal si relacionáramos la emergencia con la no-reducibilidad. *La emergencia de una propiedad de un sistema, relativa a las propiedades de las partes de ese sistema, indica la dependencia de la propiedad en el modo de organización* (por lo tanto, presupone la des-

<sup>2</sup> Muchos, quizás la mayoría de los filósofos que sostienen puntos de vista similares, se caracterizarían a sí mismos como antirreduccionistas (véase Waters, 1990), aunque es más justo decir que están unidos tan solo por oponerse al análisis tradicional de la reducción. No garantizo que esto sea antirreduccionista, dado que no estoy dispuesto a ceder la propiedad del término a los filósofos, y delinearía la conexión primaria entre lo que la mayoría de los científicos conocen como reduccionismo, y una especie de materialismo mecanicista explicativo que ni siquiera puede ser propiamente visto como involucrando leyes o teorías, tal y como tradicionalmente esos términos son entendidos por los filósofos. (Véase Wimsatt, 1976a, 1976b, 1993.)

composición del sistema en partes y en sus propiedades). Para ejemplos similares, considérese cualquiera de los otros casos que fracasan en cumplir una o más de las condiciones de agregatividad descritas en la figura XX.1. Todos ellos son consistentes con perspectivas totalmente reduccionistas de los fenómenos sistémicos en cuestión, todos dependen en alguna manera del modo de organización de las partes, y todos son ejemplos *prima facie* de emergencia. No todo contraejemplo elimina un análisis, pero cuando existen muchos contraejemplos que, además, son centrales, cualquier persona sensible debiera tomarlos en cuenta. Me parece que ya basta de análisis antirreduccionistas de la emergencia.

En su lugar, este análisis se lleva a cabo enfocándose en otra cuestión —¿cuándo, intuitivamente, es un sistema “más que la suma de sus partes”?— que con frecuencia se ha relacionado estrechamente con aspectos de la reducción. Cómo surgen estas perspectivas, y cómo pueden contribuir naturalmente a las varias especies de reduccionismo vulgar —lo que llamaré “Nada-más-que-ismo”— a través de los sesgos en las estrategias reduccionistas de solución de problemas, es un asunto al cual regresaré al final del artículo. Como se verá, las consecuencias de este artículo son una demostración y un tributo a la difundida importancia de las aproximaciones, las idealizaciones y los argumentos de casos límite en la ciencia.

#### AGREGATIVIDAD

Desafortunadamente, los ejemplos sobre interacción organizacional de diversas partes no se pueden convertir fácilmente en un análisis general sobre la emergencia. Parece plausible sugerir que la emergencia debería involucrar algún tipo de interdependencia organizacional de las diversas partes, pero existen muchas formas posibles de interacción organizacional y es difícil saber cómo clasificarlas. Es más fácil reconocer *fallas* en la emergencia, por lo que he preferido (Wimsatt, 1986), en su lugar, analizar la emergencia de manera contraria, imaginando qué condiciones deben cumplirse para que la propiedad del sistema *no* sea emergente (es decir, para que sea un “mero agregado” de las propiedades de sus partes) —algo que puede ser analizado de manera relativamente directa, reveladora y compacta—. Las formas de emergencia pueden ser, entonces, clasificadas y analizadas de manera más sistemática, buscando las formas en que estas condiciones pueden dejar de cumplirse.

Básicamente existen cuatro condiciones que parecen ser separadamente necesarias y conjuntamente suficientes para la agregatividad.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Esta afirmación debe tomarse con un poco de precaución. Lo que quiero sostener es que estos son criterios importantes. No estoy seguro de que sean completamente indepen-

Parto de que las afirmaciones de agregatividad o emergencia son acerca de las relaciones entre una propiedad de un sistema en estudio, y las propiedades de sus partes. Para que se cumpla cada condición, la propiedad del sistema debe permanecer invariante o estable con modificaciones de ese sistema en formas específicas, indicando así un tipo de independencia de la propiedad con respecto a las modificaciones en el modo de organización de las partes. La invarianza de la propiedad del sistema respecto de estas condiciones indica que la propiedad del sistema no se ve afectada por cambios en un amplio rango de relaciones entre esa propiedad o la parte de la cual es un atributo, y las propiedades de las otras partes del sistema. Para ser una propiedad agregativa, la propiedad del sistema debe depender de las propiedades de las partes de manera fuertemente atomística (es relativamente raro que se cumplan todas estas condiciones, como veremos en la figura XX.1, aunque hasta la fecha nuestra ciencia se ha concentrado desproporcionadamente en tales propiedades, y en estudiarlas en condiciones en las que "se comportan bien". También hay sesgos para ver a tales propiedades como relativamente fundamentales, véase, *e. g.* Martínez, 1992, por lo que su peso en la descripción del mundo natural probablemente ha sido muy exagerado).

Estas condiciones son: 1) una condición acerca de la intersubstitucionalidad o reordenabilidad de las partes; 2) una condición de escalonamiento de acuerdo con tamaños (primariamente, aunque no exclusivamente, para propiedades cuantitativas) con adición o substracción de partes; 3) una condición de invarianza en la descomposición o reagregación de las partes; y 4) una condición de linealidad, de que no habrá interacciones cooperativas o inhibitorias entre las partes en la producción o realización de la propiedad del sistema. No sostendré que todas estas condiciones sean mutuamente independientes entre sí. De hecho, me inclino a creer que existen conexiones cercanas entre 1) y 3), y entre 2) y 4).

dientes (véase la discusión más abajo), por lo que el asunto de si son necesarios separadamente (en todas las combinaciones) se encuentra, hasta ahí, en disputa. Pienso que son suficientes pero, de nuevo, no mucho depende de ello. Me encantaría que alguien viniera con otro requerimiento que tuviera sentido, dado que cada criterio adicional proporciona un apoyo para casos adicionales o para algunas circunstancias especiales. Esta actitud "pragmática" hacia estos criterios se relaciona en parte con el hecho de que la clasificación de la propiedad de un sistema como agregativa surge, en la mayoría de los casos, como altamente condicional y calificada, y no tiene o tiene poco significado fundacional o arquitectónico. Este cambio en actitud me fue exigido hace 25 años por Dick Levins aunque, como filósofo, fui lento en aceptarlo al principio. No se debería suponer que ello significa que estos criterios o el concepto de agregatividad son poco precisos o de poca importancia para la filosofía. Si estoy en lo cierto, la ayuda indirecta que nos dan estos criterios para trazar fronteras alrededor de objetos y partes de objetos (al escoger descomposiciones del sistema en las cuales se satisfacen máximamente) es una poderosa herramienta para descubrir en el curso de la *formulación y construcción* de teorías.

Las condiciones son como sigue (se elaboran y defienden en Wimsatt, 1986):

Para que una propiedad de un sistema sea agregativa con respecto a la descomposición del sistema en sus partes y en sus propiedades, se deben cumplir las siguientes cuatro condiciones:

Supongamos que  $P(S_i) = F[p_1, p_2, \dots, p_n(s_1), p_1, p_2, \dots, p_n(s_2), \dots, p_1, p_2, \dots, p_n(s_m)]$  sea una función de composición para la propiedad del sistema  $P(S_i)$  en términos de las propiedades  $p_1, p_2, \dots, p_n$ , de las partes  $s_1, s_2, \dots, s_m$ . La función de composición debe ser pensada como una identidad sintética entre diferentes niveles.

1. IS (InterSustitución) es la invarianza de la propiedad de un sistema en operaciones que reordenan las partes del sistema o que intercambian cualquier número de partes por un número correspondiente de una clase de partes que son equivalentemente relevantes (*cf.* conmutatividad de la función de composición).

2. QS (Escala según Tamaño) es la propiedad de Similaridad Cualitativa del sistema (que es de identidad o, si se trata de una propiedad cuantitativa, difiere sólo en la magnitud) con adición o substracción de las partes (*cf.* generabilidad recursiva de una clase de funciones de composición).

3. RA (Descomposición y ReAgregación) es la invarianza de una propiedad del sistema con operaciones que involucran descomposición y reagregación de las partes (*cf.* asociatividad de la función de composición).

4. CI (Linealidad), cuando para una propiedad no hay interacciones Cooperativas ni Inhibitorias entre las partes del sistema.

Nótese que las condiciones IS y RA son obviamente relativas a determinadas descomposiciones en partes, como lo son (no tan obviamente), las propiedades QS y CI. Una propiedad de un sistema puede cumplir estas condiciones para algunas descomposiciones, pero no para otras.

La figura XX.1 ilustra el significado de las tres primeras condiciones requeridas para la agregatividad, tal y como se aplica al caso de la relación de amplificación de un sistema en un amplificador lineal (idealizado) de niveles múltiples. La figura 1a muestra la propiedad del sistema, la relación de amplificación total, como el producto de las relaciones de amplificación que la componen, una función compuesta que es tanto conmutativa (figura 1b, condición IS), como asociativa (figura 1d, condición RA), y muestra una similaridad cualitativa cuando se le suman o substraen partes (figura 1c, condición QS). (Este ejemplo no ilustra la cuarta condición, y puede parecer que la viola, pero no lo hace. Véase mi artículo de 1986 para una mayor discusión). El ejemplo de los amplificadores lineales en niveles es interesante porque muestra que la agrega-



CUADRO XX.1. Ejemplos de fallas de agregatividad. (Como se discuten en Wimsatt (1986), con indicaciones de qué descomposiciones se asumen y qué condiciones se cumplen.)

Ejemplos	Condiciones: R = restringida o calificada	IS	QS	RA	CI	Partes relevantes o condiciones:
1. Masa		sí	sí	sí	sí	¿Ninguna conocida?
2. Volumen		R	sí	sí	no	No para solvente/soluto ni sólidos en difusión
3. Masa crítica (ignorando contexto)		sí	no	sí	no	Mantener invariantes geometría y densidad
4. Estabilidad de un montón de rocas		no/sí	no	no	no	
5. Unión de oxígeno a la hemoglobina		R	no	?	no	Cadenas alfa y beta
6. Efectos génicos (modelo clásico)		sí	no	sí	sí	Las unidades son genes
7. Frecuencia gamética (modelo clásico)		no	no	no	sí	Las unidades son genes
8. Frecuencia gamética (modelo clásico)		sí	no	no	sí	Las unidades son cromosomas (sin perturbaciones meióticas)
9. Efecto de posición (modelo molecular)		no	no	no	?	Las unidades son genes
10. Relación de amplificación en un amplificador lineal		sí	sí	sí	sí	
11. Relación de amplificación en un amplificador no lineal		no	sí	no?	sí	
12. Solución de un problema cuasidescomponible		sí	sí	R	sí	Las unidades son subproblemas
13. Memoria de computadora		sí	sí	R	sí	Los chips de memoria deben tener características relevantes
14. Adecuación (aditividad total) QS se cumple si alelos positivos son sustituidos por otros sin afectar tamaño del genoma		sí	no	R	sí	Las unidades son genes
15. Adecuación (aditividad parcial clásica)		no?	no	R	no	Las unidades son genes
16. Funciones de adecuación de grano fino y grueso de Levins		sí	sí	sí	sí	Aproximaciones*

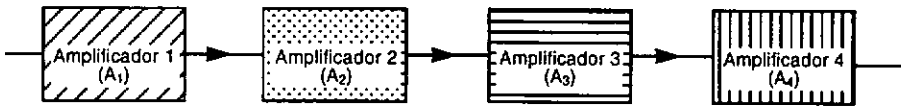
\* Las apariencias engañan: las condiciones de derivación violan IS, RA y CI, pese a que las funciones de composición tanto para las funciones de adaptación de grano fino como las de grano grueso parecen cumplir con todas las condiciones. Esta situación debería ser generalizable a muchas idealizaciones o derivaciones que involucran aproximaciones (para más detalles, véase Wimsatt, 1986).

tividad no significa literalmente "aditividad" —en este caso, una relación multiplicativa también la cumple—. Aunque hay un sentido en todos los casos de agregatividad en el que "el todo es igual a la suma de sus partes" (y este análisis de agregatividad tiene la intención de captar ese sentido), la operación de "suma" no significa literalmente adición.<sup>4</sup> El cuadro XX.1 presenta diferentes ejemplos de agregatividad y emergencia, entendida como fallas de agregatividad (la mayoría de estos ejemplos y otros se discuten en Wimsatt, 1986, aunque su *status vis a vis* todas las condiciones no se presenta como en este artículo).

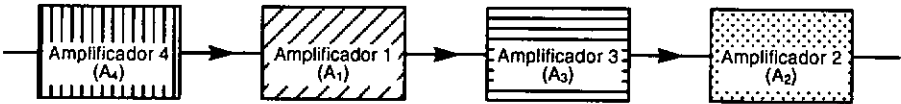
El amplificador lineal de la figura XX.1 a-d es el caso 10 del cuadro XX.1. Para hacer que califique positivamente en todos los criterios, tenemos que asumir que cada subamplificador es exactamente lineal a lo largo del rango completo —desde la señal de entrada más pequeña hasta la más grande— requerido por el sistema entero. Pero esto es una idealización —ningún amplificador del mundo real es exactamente lineal—. Generalmente se encuentran diseñados para ser aproximadamente lineales en cuanto a la proporción de amplificación respecto a una potencia dada y dentro de ciertos rangos de frecuencia de las señales de entrada, pero su no-linealidad se va incrementando para desviaciones más grandes de estos rangos. En cuanto a su potencia, la linealidad se encuentra comúnmente limitada, en su extremo inferior, por la insensibilidad a las señales de entrada que se encuentran por debajo de una cierta magnitud, y en su extremo superior, por su incapacidad para generar suficiente voltaje como para que la transformación continúe siendo lineal. Si aplicamos esta limitación a los amplificadores lineales del caso 10, nos daremos cuenta de que sí importa el orden en el que se enchufan los amplificadores para hacer el sistema de amplificadores (véase figura 2a de la figura XX.2 y el caso 11 del cuadro XX.1).

En los viejos tiempos, era común que uno tuviera que comprar tanto un preamplificador como un amplificador para tener un sistema de alta fidelidad. Conectados en el orden correcto, trabajaban bien. Si se enchufaban en el orden equivocado, el amplificador sería demasiado insensible para detectar la señal del cartucho de sonido pero, en cambio, las pequeñas cantidades de "ruido blanco" o estática que generaría internamente serían lo suficientemente amplificadas como para "freír" al preamplificador. Comúnmente esto ocurriría, como ilustra el ejemplo, dentro del rango en el cual se dice que los amplificadores son lineales, lo que en

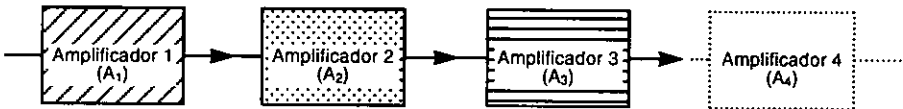
<sup>4</sup> Mi perspectiva actual es que tanto la adición y la multiplicación como las otras operaciones (e.g. disyunción lógica), podrían ser apropiadas en diferentes contextos. Sin embargo, es crucial notar el hecho, quizás sorprendente, de que el contexto, tanto de las propiedades de las partes como la propiedad del sistema, la cuestión que se pregunta y las teorías aplicables relevantes pueden desempeñar un papel importante en tales juicios.



1a: La razón total de amplificación,  $\Sigma A = A(1) \times A(2) \times A(3) \times A(4)$  es el producto de las razones de amplificación de los amplificadores individuales.



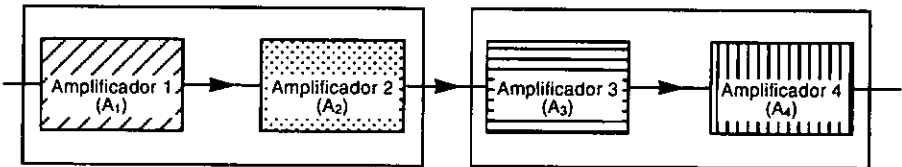
1b: La razón total de amplificación,  $\Sigma A = A(4) \times A(1) \times A(3) \times A(2)$  permanece invariable bajo la conmutación o intersustitución de unos amplificadores por otros con la misma razón de amplificación.



1c: La fórmula para la razón de amplificación permanece similar bajo adición o sustracción de las partes:  $\Sigma A(n) = \Sigma A(n-1) + A(n)$ .

Sistema 1

Sistema 2



1d: La razón total de amplificación es invariante bajo la agregación de subsistemas – es asociativa:  $A(1) \times A(2) \times A(3) \times A(4) = [A(1) \times A(2)] \times [A(3) \times A(4)]$ .

FIGURA XX.1. Condiciones de agregatividad ilustradas con un sistema lineal idealizado de amplificadores.

realidad significa que son *aproximadamente* lineales dentro de una tolerancia específica.

Sin embargo, usos diferentes pueden requerir tolerancias diferentes, por lo que un sistema se puede comportar linealmente (o agregativamente) para ciertos propósitos, pero no para otros más demandantes (en torno a las implicaciones de la posibilidad de tolerancias o errores, véase mi artículo de 1986, y también las discusiones de Simon sobre "cuasi-descomponibilidad" en mi artículo de 1974). Puede haber un rango lo suficientemente grande en el cual los amplificadores son lineales de tal modo que existe una cierta ajustabilidad —cierta intersubstitucionalidad restringida entre los componentes, como en la agregatividad "parcial" o en la "subagregatividad", (figura 2b) o agregatividad "vecinal" (figura 2c)—. Estos tipos de intersubstitucionalidad restringida (véase también la agregatividad "modular" en Wimsatt, 1986) pueden ser útiles para caracterizar diferentes tipos de organización de las partes.

La discusión de la agregatividad ilustra aquí otra característica importante de casos más interesantes —que cuando evaluamos la agregatividad, comúnmente lo hacemos en relación con ciertas restricciones que se asumen acerca de cómo deben ser rearmados y tratados los componentes—. Con frecuencia estas restricciones se dan por hecho, de tal modo que no las notamos, y por tanto tendemos a subestimar el grado en el que las propiedades del sistema dependen del modo de organización de sus partes. En un sentido absoluto, este circuito no es para nada agregativo, dado que su comportamiento apropiado depende del mantenimiento de la estructura del circuito conectado serialmente. Sujeta a esta restricción (y a la idealización de la linealidad perfecta), el rearmado de los componentes es correcto, y no cambia la capacidad total del amplificador. Pero la relación de amplificación de cuatro amplificadores lineales conectados en paralelo será diferentes de la de cuatro amplificadores lineales conectados en serie, o diferente de los distintos híbridos en series-paralelos o paralelos-en serie que se puedan construir utilizando cuatro amplificadores, ¡por lo que la relación de amplificación no es una propiedad agregativa del sistema en relación con todos los rearmados posibles de los componentes!

Conclusiones similares surgen para propiedades supuestamente agregativas, como veremos más adelante en la discusión acerca de los componentes de la adecuación aditiva y de los patrones de cambio ambiental de grano fino y grano grueso.

Parecería que algunas propiedades son paradigmáticamente agregativas. Las grandes leyes de conservación de la física —las de la *masa* (caso 1), *energía* (ahora reemplazada por el híbrido masa-energía)—, *momentum*, y *carga neta* (si incluimos su signo), en efecto indican que estas

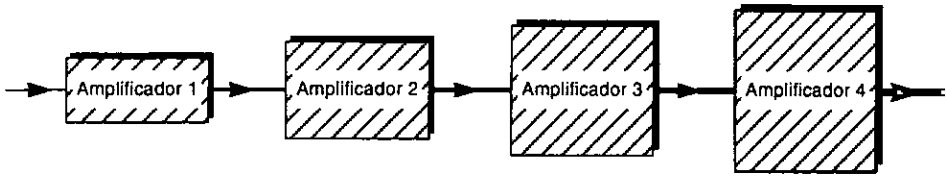


Figura 2a: Amplificadores con señales de entrada mínima y de salida máxima, como se indica por sus alturas relativas. Su orden no es intercambiable sin introducir una distorsión no lineal.

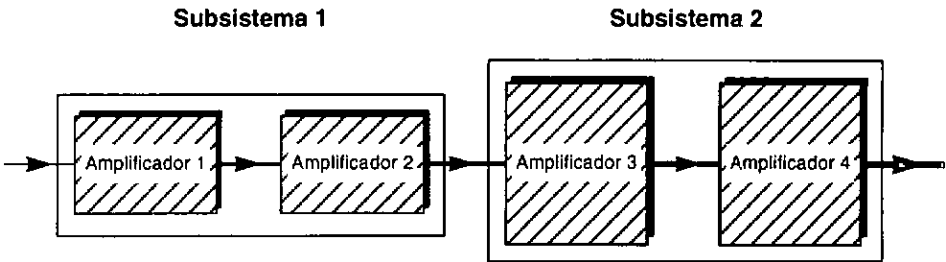


Figura 2b: Agregatividad parcial o subagregatividad: Los amplificadores en cada uno de los dos subsistemas son intercambiables entre sí sin introducir desviaciones de la no linealidad en el sistema total, pero las intersustituciones entre sistemas introducen distorsiones no lineales.

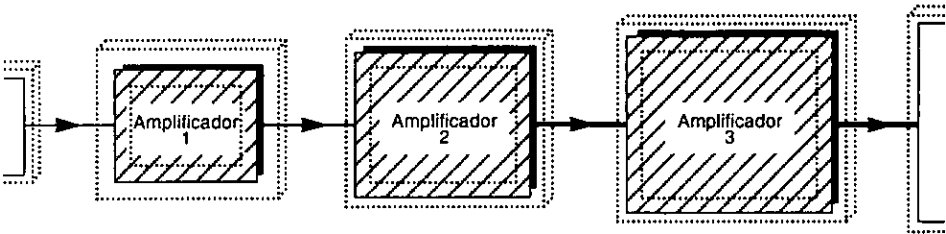


Figura 2c: Agregatividad por vecindad: Cualquier amplificador es intersustituible por su vecino inmediato a la izquierda o a la derecha, pero no más allá sin que se introduzcan distorsiones no lineales. (El rango de intersustitución se indica con las cajas punteadas dentro y fuera de cada amplificador).

**FIGURA XX.2.** *Variedades de la agregatividad parcial ilustradas con amplificadores que son lineales sólo dentro de un rango determinado.*

propiedades cumplen con los requisitos. Parecen agregativas en cualquiera y en todas las descomposiciones posibles. Curiosamente algunas propiedades que uno esperaría que cumplen los requisitos, no lo hacen. Así, el *volumen* (caso 2), no es una propiedad agregativa, si se consideran las interacciones químicas entre solvente y soluto. Si uno disuelve sal en agua, el volumen del agua más la sal será menor que el del agua antes de que se añadiera la sal, y ciertamente menor que si se midieran sus volúmenes independiente y separadamente (así, a veces, ¡el todo es *menor* que las partes!).

Una propiedad de un sistema puede ser agregativa para algunas descomposiciones, pero no para otras (probablemente esta es la situación más común). Este hecho tiene una importancia crítica en la construcción de teorías, porque estas variaciones permiten y sugieren una retroalimentación entre estos criterios y la elección de descomposiciones de un sistema para un análisis posterior. Tendemos a buscar invarianzas, y se trata a estas condiciones como si fueran *desiderata*, así que tendemos a experimentar con descripciones alternativas y manipulaciones del sistema para tratar de encontrar formas que lo hagan trabajar (descomponer, cortar, unir, y ajustar hasta que se satisfacen estas condiciones en el mayor grado posible). En general, habrá una tendencia a fijarse en las descomposiciones para las cuales las condiciones de agregatividad se cumplen de manera "natural", porque estas descomposiciones aportarán regularidades, teorías y modelos matemáticos más simples y menos dependientes de contexto, que involucran aspectos de este comportamiento.<sup>5</sup> Esto se ilustra más abajo, en la discusión de los cromosomas contra los genes como unidades de análisis (existen otras razones para ver a la descomposición y a las entidades que se producen de ese modo como "naturales" —*cf.* la noción de "robustez" en Levins, 1966 y Wimsatt, 1981a—, pero son significativamente menores).

COMPLEJIDADES DE PERSPECTIVA, CONTEXTUALES  
Y REPRESENTACIONALES, O "¡NO ES TAN SIMPLE COMO ESO!"

*Un ejemplo detallado de la genética de sistemas multi-locus*

Estas condiciones son lo suficientemente formales en carácter o en espíritu como para que resulte tentador alejarse de ellas para evaluar las

<sup>5</sup> Sergio Martínez llamó mi atención sobre esto en el contexto de una discusión histórica sobre el argumento por la robustez de las cualidades primarias, donde él señala que en el

propiedades en términos de las ecuaciones tal y como se encuentran en las teorías. Sin embargo, surgen varias complicaciones que impiden tomar esta ruta simple: no podemos evaluar la agregatividad de una propiedad sin considerar, al menos, 1) la elección de la descomposición de un sistema en partes, 2) las idealizaciones y supuestos que se hacen en la *descripción* de un sistema, y 3) las idealizaciones y aproximaciones que se hacen en la *derivación de ecuaciones* que relacionan las propiedades a nivel del sistema y las propiedades a nivel de las partes.<sup>6</sup> Estas complicaciones serán abordadas enseguida. Si consideramos los ejemplos 7 y 8 del cuadro XX.1, podremos ver cómo es que la agregatividad de la propiedad de un sistema, con relación a las otras propiedades, depende en parte de la descomposición que se utilice.

Considérese un sistema genético multi-*locus* con los genes organizados en cromosomas (ejemplo 8). Un gameto es un genotipo haploide que se obtiene tomando uno u otro de cada par de los cromosomas homólogos de su genotipo parental. La frecuencia esperada de un gameto elegido al azar es simplemente el producto de las frecuencias de los diferentes tipos de cromosomas que se encuentran en la población. Esto es así porque existe una distribución azarosa a nivel de los cromosomas completos, y porque los procesos meióticos confiablemente (es decir, usualmente, pero no universalmente) producen gametos con exactamente un cromosoma de cada tipo. *Esto hace que parezca que las frecuencias gaméticas (en la meiosis normal) fueran una propiedad agregativa de las frecuencias cromosómicas.* Asumamos que lo son (en realidad no lo son, pero volveré a ello después).

También podríamos calcular cada una de las frecuencias génicas y describir el genotipo como una serie de *locus* en cada cromosoma del genotipo haploide (ejemplo 7). Pero, en cambio, no podemos calcular de manera similar la frecuencia de un gameto elegido al azar, como el producto de las frecuencias génicas de todos los cromosomas que hacen un genotipo haploide. El ligamiento de los genes en los cromosomas significa que, a menos que los genes sean fraccionados al azar desde el principio (y no existe razón alguna para que así sea), no asumirán de inmediato estas probabilidades multiplicativas (en ausencia de selección u otras fuerzas directrices, se acercarán de manera asintótica exponencial a estos valores —llamados de “equilibrio de ligamiento”— con sus tasas de

siglo xvii se utilizó algo muy similar a la agregatividad junto con la robustez como un criterio de las propiedades primarias.

<sup>6</sup> Estas aproximaciones son endémicas de las ciencias formales y en todos los intentos que conozco de construir modelos matemáticos de los fenómenos. Para el análisis más detallado que conozco acerca del papel de las aproximaciones en la construcción y justificación de teorías véase Ramsey, 1990.

decaimiento a estos valores, proporcionales a la "distancia de ligamiento" —una función de la distancia a lo largo del cromosoma.<sup>7</sup>

¿Qué significa todo lo anterior? Significa que cuando los genes se encuentran en los cromosomas, *como de hecho lo están en el mundo real*, uno necesita tomar en cuenta esto al calcular las frecuencias gaméticas.<sup>8</sup> Muchas aplicaciones de los modelos de *locus* individuales implícitamente asumen una agregatividad a nivel del gen que forma gametos, que simplemente no se encuentra ahí. Dos poblaciones con idénticas distribuciones de frecuencias génicas, pero distintas distribuciones de frecuencias cromosómicas, producirán diferentes frecuencias gaméticas (y, por lo tanto, diferentes frecuencias genotípicas) en formas que se encuentran determinadas por sus frecuencias cromosómicas respectivas. De hecho, no solamente importa si dos *loci* se encuentran en el mismo cromosoma o no, sino *dónde* se encuentra cada uno en ese cromosoma con respecto al otro. *Por esta razón, las descomposiciones del genotipo en cromosomas completos son realmente más agregativas que las descomposiciones en genes.* Los cromosomas se encuentran reconocidos en la teoría como objetos naturales reales, *vía* la estructura de las ecuaciones que expresan las frecuencias gaméticas en una generación dada como funciones de las frecuencias de recombinación y las frecuencias gaméticas en la última generación. Uno puede cumplir la condición IS a nivel de los cromosomas (homólogos) completos, pero no en el caso de los fragmentos intracromosómicos (esto significa, por cierto, que el calificativo de Ernst Mayr de que la genética de poblaciones era "genética del saco de

<sup>7</sup> La desviación en estas proporciones multiplicativas en los sistemas multi-*locus* se llama "desequilibrio de ligamiento" —en donde los valores de "equilibrio de ligamiento" para todos los gametos son aquellos definidos por el producto de todas las frecuencias de los genes componentes (Véase Crow y Kimura, 1970, o cualquier texto de genética de poblaciones). Este (arreglo de) valor(es) es el valor de equilibrio porque es el estado de mayor entropía —en efecto, un estado máximamente mezclado—. Véase Wimsatt, 1981b, sección 6, pp. 152-164 para una discusión detallada de éste y otros casos similares que proveen la base de los "análogos de segregación" de niveles más altos que definen niveles de organización genéticos superiores. Un sistema capaz de *desequilibrio de ligamiento* tiene una dinámica más complicada que uno en que se asume que se encuentra siempre en equilibrio de ligamiento, de modo que aquí, como en cualquier lugar, un sistema que se comporta agregativamente es más simple.

<sup>8</sup> Esta complejidad surge cuando uno considera genotipos multi-*locus*, y probablemente es la diferencia singular más grande entre la teoría de los *locus* individuales y la teoría de multi-*locus*. Una complejidad más aparece cuando, en circunstancias especiales, el ligamiento puede ser ignorado y los problemas de tipo multi-*locus* pueden ser tratados como agregados de problemas de *locus* individuales (como cuando una población se encuentra cerca de o en equilibrio de ligamiento, y las fuerzas selectivas u otras cosas —como las tasas de migración— que podrían desplazar significativamente a la población respecto al equilibrio de ligamiento, se mantienen pequeñas). Esto ilustra de nuevo las situaciones de agregatividad condicional y aproximada.



frijoles”, es decir, una genética que considera a los organismos como “sacos de genes”, es literalmente falso si se considera la teoría *multi-locus*. En esta teoría, los organismos, o con más precisión, los genomas, son más una lata de gusanos que un saco de frijoles (¡una expresión feliz en este caso, porque refleja con precisión el incremento en complejidad de las matemáticas que se requiere cuando se considera la recombinación entre segmentos homólogos de los cromosomas!).

En realidad, esto tampoco sería correcto. Como se ha argumentado en Wimsatt (1986), la composición gamética no es una propiedad estrictamente agregativa al nivel de los cromosomas completos, porque también hay problemas con las condiciones QS y RA. Estos problemas se encuentran parcialmente ocultos por los supuestos que se adoptan en los modelos estándar de los procesos de recombinación. Estos supuestos ocasionalmente se violan (mostrando así el verdadero carácter no agregativo de las propiedades relevantes), pero, lo que es quizás más interesante, el hecho de que se cumplen tan regularmente es tan sólo un producto especial de las características del diseño de los procesos meióticos. *Así pues, la meiosis opera de manera que incrementa la agregatividad aparente de los procesos de producción de gametos, incrementando así la adecuación promedio de las crías y la heredabilidad de los caracteres y de la adecuación en las crías.* De modo que la agregatividad aparente, pero en realidad altamente condicional, surge a causa de una conexión especial de procesos y partes —esto es, una adaptación especial algo complicada de la maquinaria hereditaria.<sup>9</sup>

Los modelos estándar de recombinación y ligamiento, *tal y como se usan en la genética de poblaciones*, presuponen que el número y arreglo de los *loci* en los cromosomas no está cambiando.<sup>10</sup> Este supuesto no

<sup>9</sup> La historia que aquí presento surge de la genética clásica. La nueva historia que surge con la genética molecular la complica sustancialmente introduciendo nuevos niveles de modularidad —intrón, exón, y trasposón— entre los pares de bases y codones, y el gen completo, así como mecanismos que explican la delección, inserción, inversión, duplicación y trasposición. Sin embargo, éstos no comprometen seriamente la escena clásica que se presenta aquí, sino que sólo sirven para apoyar la afirmación de que existen varios procesos de diseño para aumentar la agregatividad aparente en los procesos meióticos. El diseño de la mitosis y la meiosis para transmisión y distribución confiable de los factores hereditarios es una de las adaptaciones más elegantes en la historia de la evolución, y su análisis funcional, a través del trabajo de Roux, Weissmann, Boveri, Sutton y otros, constituye uno de los puntos más altos en la historia de la biología. La cantidad enorme de edición y rearreglo del genoma en los linajes somáticos, que acompaña a la expresión génica durante el desarrollo, sirve para apuntalar de otra manera la afirmación de que las propiedades de un genoma no son agregativas respecto a las propiedades de sus partes. Obviamente, el arreglo de los genes en el genoma *sí* importa para el desarrollo (véase Shapiro, 1992, para más detalles).

<sup>10</sup> Modelos más realistas se pueden encontrar en la citogenética, donde se apela a los

permite que el tamaño del genoma cambie de manera tal que pudiera probarse la propiedad QS, y no permite la ReAgregación más que mediante la recombinación, la cual involucra el intercambio de segmentos homólogos preservando sus polaridades. Sin embargo, como las traslocaciones, deleciones, duplicaciones e inversiones, son poco frecuentes, esto muestra que estas idealizaciones no siempre se cumplen. *Las idealizaciones en estos modelos estándar exageran la agregatividad de los procesos físicos reales.* Estos procesos más amplios (producidos por inversiones y otras reconstrucciones más arcaicas del genoma), usualmente causan cambios aún mayores en la adecuación y en los tipos de gametos que se producen, de manera tal que con frecuencia son característicos de los sucesos de especiación.

Las teorías existentes no se preocupan de si las frecuencias gaméticas son agregados de las frecuencias génicas o cromosómicas por otra razón: *no son teorías conservativas.* Esto es, proporcionan ecuaciones para los productos *característicos* de estos procesos, pero no sienten la necesidad de dar ecuaciones para *todos* los productos o, quizás para ser más precisos, para sus productos en todas las circunstancias, porque no todos los productos son clasificados como gametos. La falta de conservación en estas teorías se oculta por que hablamos en términos de las frecuencias gaméticas, más que de los números de gametos, por lo que nunca hay un balanceamiento completo de las ecuaciones de producción de gametos a partir de los genotipos parentales.

Consideremos un ejemplo hipotético para ver cómo puede ocurrir esto (muchas inversiones producen un escenario cualitativamente parecido al que se presenta aquí). Supongamos que una recombinación desigual, combinada con disturbios en la meiosis de una hembra de *Drosophila melanogaster* (que tiene un número cromosómico haploide de 4), produce una pieza fragmentada del cromosoma X, un gameto con los otros tres cromosomas y el otro fragmento de X, y tres gametos normales con los cuatro cromosomas normales, donde los dos primeros elementos de la lista son fragmentos complementarios, uno muy pequeño y uno casi completo de un genotipo normal haploide.<sup>11</sup> Diferentes criterios acerca de qué cuenta como un gameto, usualmente contarían tres

mecanismos (y las fallas de estos) de la recombinación normal para explicar los tipos de rearrreglos cromosómicos que los genetistas de poblaciones toman como dados al describir las diferencias entre especies y en explicaciones citológicas de las inversiones, en algunos casos de deriva meiótica y en otras mutaciones de gran efecto en la adecuación.

<sup>11</sup> Los mecanismos de ovogénesis son en realidad inconsistentes con este escenario porque sólo uno de cada cuatro productos haploides genómicos sobrevive normalmente. La espermatogénesis normalmente sí sería compatible, pero no hay recombinación en los machos de *Drosophila*, por lo que tampoco sería el caso. Todos estos tipos de productos reducidos ocurren naturalmente, sin embargo, y la pérdida de tres cuartas parte del mate-

gametos normales, o añadirían el gameto con la parte faltante de su cromosoma X, pero raramente —si es que ocurriera— se contaría al fragmento X como un gameto, sobre la base de que no se podría combinar con ningún otro gameto normal para producir una mosca viable. (Tan sólo esto hace de la frecuencia gamética una función no conservativa de las frecuencias génicas o cromosómicas.) También podría discutirse acerca de si se cuenta el caso de la delección parcial de X como un gameto, y esto usualmente, pero no siempre, se convertiría en la pregunta de si podría producir una mosca viable o reproductivamente competente. Desafortunadamente, no se podría adoptar la línea dura de decir que cualquier cambio en el tamaño del genoma y en el arreglo de los *loci* constituye una base para descartar a las células acarreadoras del cambio como gametos: muchas mutaciones con esos cambios han sobrevivido y han desempeñado un papel importante en sucesos de especiación. Se les podría ignorar, es decir, podría hacerse pero con el costo de eliminar los modelos microevolutivos de algunos tipos importantes de hechos macroevolutivos.

El problema es que los organismos descendientes necesitan heredar un complemento completo (o al menos casi completo) de los genes para tener alguna probabilidad de sobrevivir y reproducirse. Así pues, la adecuación, como propiedad de un organismo, no cumple las condiciones QS y RA, en relación con la contribución de sus genes. Ahora bien, ¿por qué estamos hablando de adecuación cuando comenzamos hablando de frecuencias gaméticas? Las teorías evolutivas, en la mayoría de los contextos, tienen que ver solamente con los organismos que sobreviven lo suficiente como para dejar descendientes y, por tanto, en sus idealizaciones, los genetistas de poblaciones con frecuencia añaden condiciones que normalmente se cumplen y cuya violación virtualmente aseguraría la inviabilidad o la incompetencia reproductiva, tales como el error de no heredar una fracción significativa del genoma. Así, la mayoría de los modelos de apareamiento asumen la conservación del tamaño del genoma, la cual seguramente es también una característica del diseño de la meiosis y la fertilización, como ha sido demostrado en condiciones experimentales o en condiciones naturales extrañas. *Que se tenga que imponer ésta como una condición colateral, revela que no estamos tratando con una propiedad verdaderamente agregativa* (véase los experimentos clásicos de Boveri, 1902, demostrando las consecuencias deletéreas de la fertilización dispérmica, en la cual las perturbaciones de los mecanismos de la mitosis hacen del tamaño y composición del genoma una va-

rial genético en la ovogénesis de nuevo apunta (de otra manera) al carácter no conservativo de la formación de gametos.

riable azarosa). *En relación con estas condiciones, y dentro de estas teorías, hay cosas que pueden parecer agregativas, pero que no lo son, sino que de hecho son altamente sensitivas al arreglo de las partes del mecanismo necesario para producir este comportamiento aparentemente agregativo (un ejemplo análogo más familiar puede ayudar: el hecho de que las computadoras puedan realizar sumas con precisión, tampoco las hace "meros agregados", incluso si limitamos el caso a aquellas máquinas que tienen el propósito especial de *solamente* realizar sumas).*

Esta pseudoagregatividad o agregatividad ficticia es particularmente pronunciada en los modelos genéticos cuantitativos multi-locus de caracteres aditivos, donde se supone que cada gen, de un cierto número, contribuye aditivamente al carácter. El problema es que la expresión de cualquiera de los genes, incluyendo la aditividad de sus contribuciones, puede (y en general así ocurre) depender crucialmente de condiciones fenotípicas que incluso un determinista genético (y no se necesita ser uno) reconocería que se producen normalmente con la posesión (en proporciones cruciales) de un número de otros genes que por lo general son parte de lo que se presupone como "trasfondo" genético (¡para preocuparse sobre la intensidad o la aditividad del pigmento de un ojo, primero hay que tener un ojo!). La aditividad de las contribuciones de diferentes genes a la adecuación ha desempeñado un papel central —si bien discutido y ambiguo— en las discusiones sobre la existencia de unidades de selección en niveles superiores (Wimsatt, 1980b, 1981b; Sober y Lewontin, 1982; Sober 1981, 1985; Brandon, 1982; Griesemer y Wade, 1988; Lloyd, 1988).<sup>12</sup> Siguiendo la discusión de Lewontin (1978) acerca de la "cuasi-independencia", he argumentado (Wimsatt, 1986) que la aditividad de los componentes de la adecuación existente es local, y en sí misma depende del contexto (puede *parecer* que es independiente del contexto si sólo hay cambios pequeños y delimitados en el contexto), y esta aditividad no muestra que la adecuación sea una propiedad agregativa de los genes.

<sup>12</sup> No encuentro que las objeciones de Sober al criterio de aditividad sean preocupantes (véase Lloyd, 1989, 1990) a menos que se tomen como implicando algo similar a la queja de Brandon: que si el debate en torno a las unidades de selección se toma como un debate acerca de la individuación de las unidades genéticas relevantes, se niega el hecho de que la selección por lo general actúa directamente sobre los fenotipos (o "interactores"), más que sobre los genotipos (o "replicadores"), excepto en el caso de que las unidades materiales elegidas como genotipos sean también interactores (como, de maneras relevantes, lo pueden ser a veces los genes —trasposones— y los cromosomas). Las complejidades a las que nos referimos más arriba, en las que vimos que los modelos aditivos generalmente no hacen de la adecuación una propiedad agregativa de las adecuaciones génicas, son un reflejo de este hecho.

LA ADAPTACIÓN AMBIENTAL DE GRANO FINO Y GRANO GRUESO, UNA PARADOJA  
DERIVADA DE UN ACERCAMIENTO FORMALISTA A LA AGREGATIVIDAD

En mi artículo de 1986, discutí un caso aún más paradójico, la relación entre las funciones adaptativas de grano fino y grano grueso de Richard Levins (Levins, 1968, pp. 17-18). Estas son funciones matemáticas que especifican la adecuación de un organismo en una secuencia de ambientes en términos de sus adecuaciones en los ambientes individuales. La función adaptativa de grano fino de Levins está dada por una suma de sus productos:

$$W_f = \sum p_i w_i \quad (1)$$

En esta ecuación,  $W_f$  es la adecuación neta del organismo en un ambiente compuesto de una mezcla de etapas temporales en diferentes ambientes  $E_1, \dots, E_n$ , en proporciones relativas  $p_1, \dots, p_n$ , en los cuales tiene las adecuaciones  $W_1, \dots, W_n$ , las cuales experimentan como si fueran un "promedio" es decir, un peso lineal. Los componentes de la adecuación especificados son las adecuaciones que tendría ese organismo en un ambiente puro del tipo correspondiente. Nótese que la forma de la ecuación sigue exactamente la que se da para la "utilidad esperada", aunque la interpretación que se da es algo diferente.<sup>13</sup>

Su función adaptativa de grano grueso, utilizando las mismas variables, está dada por:

$$W_c = \pi W_i p_i \quad (2)$$

Esta forma es sugerida por la ley multiplicativa para la combinación de probabilidades, y alude de manera correspondiente a una imagen en la que el organismo tiene que pasar por una serie de aros, con una probabilidad de pasar a través de cada uno que es *independiente* de si ha pasado o no por cualquiera de los otros (así, esta ecuación también supone una independencia en el orden de las subsecuencias ambientales). Cada una de las funciones adaptativas tiene una forma matemática que sugiere que cumple con todas las condiciones para la agregatividad (una

<sup>13</sup> Una diferencia crucial en la interpretación de las dos ecuaciones es que la función de adaptación de "grano fino" de Levins corresponde a lo que los teóricos de la utilidad llamarían la utilidad de una mezcla de ambientes, lo cual les cuesta trabajo señalar que no es verdadero para la utilidad esperada, en la que la combinación probabilística correspondería al valor sopesado de las adecuaciones esperadas si uno tuviera un arreglo dado de probabilidades de experimentar los ambientes "puros" correspondientes. Como resultado de ello, la "función adaptativa" de Levins es una hipótesis empírica acerca de cómo modular ciertas situaciones biológicas, mientras que su definición de utilidad esperada es un ejercicio analítico en la teoría de la probabilidad.

es aditiva, la otra multiplicativa), por lo que ambas funciones de adecuación parecen ser propiedades agregativas de las adecuaciones componentes y de las frecuencias de sus ambientes. Pero este supuesto sería altamente problemático: ambas parten de la misma expresión general de la adecuación, y transforman esa expresión de diferentes maneras, adoptando diferentes suposiciones matemáticas. Una de ellas (la función adaptativa de "grano grueso") es derivada haciendo, de manera obvia, dos aproximaciones que, tomadas literalmente, son suposiciones falsas:<sup>14</sup> 1) que la adecuación de un organismo en un ambiente es una función solamente de ese ambiente, es decir, que no hay efectos de "historicidad", o (equivalentemente); 2) que la función de adecuación no cambia a lo largo del periodo de integración utilizado, a pesar de que este periodo ( $\Delta$  en la ecuación 2.2 de Levins, 1968, p. 18) se supone como si fuera muy largo. Si esta última suposición fuera cierta, permitiría aplicaciones ilimitadas de las condiciones IS y RA (InterSustitución y ReAgregación) para reordenar los subambientes, cambiando los subambientes "pequeños" y "bien mezclados" de la función adaptativa de "grano grueso". Sin embargo, ¡las dos funciones adaptativas para estos dos casos son matemáticamente diferentes y producen diferentes respuestas cuando se dan las mismas adecuaciones y frecuencias de sus componentes! Por tanto, no pueden ser ambas correctas al mismo tiempo. Lo que se tiene que abandonar es que se permita la aplicación irrestricta de IS y RA, y con ello, la afirmación de que las funciones adaptativas son verdaderamente agregativas.

Resulta que las dos funciones adaptativas de Levins tienen la intención de aplicarse a dos tipos diferentes de casos límite, y hacer diferentes aproximaciones apropiadas a esos casos (Levins, 1968, pp. 18-19, sugiere que los casos reales caerán en algún lugar del *continuum* que hay entre ellos). La suposición matemática más simple de una reordenabilidad ilimitada (a través de la aplicación de IS y RA) es demasiado fuerte, y más fuerte de lo que Levins en realidad necesita para derivar su función adaptativa de "grano fino" (la derivación sólo debería requerir la condición más débil de que los subambientes puedan ser reordenados arbitrariamente, *siempre y cuando el reordenamiento deje una muestra representativa de los ambientes del todo en cualquier conjunto de los ambientes —una secuencia en un rango de longitud— que sea importante para determinar la adecuación*). Esta restricción en la representatividad de cualquier subconjunto de la secuencia permite cierto reordenamien-

<sup>14</sup> En realidad, ambas funciones adoptan implícitamente el supuesto de que el orden de los sub-ambientes no importa, pero esto es más claramente visible en el primer caso. Para una discusión más amplia de este modelo y otros relacionados, véase Strobeck (1975).

to en los subambientes, pero impide la reordenabilidad ilimitada y por tanto muestra que la función adaptativa de "grano fino" no es una propiedad verdaderamente agregativa de las adecuaciones en los subambientes.

¿Cuáles son los "subconjuntos del ambiente que son importantes para determinar la adecuación"? Estos pueden diferir en longitud y en composición para diferentes problemas adaptativos (por ejemplo, apareamiento vs. predación), que determinan una "escala ambiental" (ésta es una escala de tamaños temporal o espacial que sirve para determinar los cambios relevantes en el ambiente como una función de las propiedades del organismo —así que también se le puede ver como una escala orgánsmica, o quizás, para mayor precisión, ¡como una escala que relaciona las propiedades del organismo y del ambiente!—. La escala relevante difiere para diferentes organismos en función de sus propiedades y capacidades, y puede también diferir para diferentes subsistemas funcionales del organismo, y para las variables ambientales en cuestión. Abarca la escala de tiempo y tamaño para la cual, en lo general, las variaciones ambientales son promediadas en menor grado que la escala (sumada) y las variaciones ambientales mayores de esa escala son tratadas como obstáculos independientes (en efecto, como un filtro multiplicativo) que debe ser traspasado. *Estas escalas diferentes, o casos límite, son el motivo de que se realicen dos funciones adaptativas distintas.* Hay que tomar en cuenta los umbrales, y la existencia de umbrales viola una o dos de las condiciones QS y CI (estas escalas se relacionan con cosas tales como qué tanto las fluctuaciones en temperatura se desvían de mi temperatura corporal actual —o preferida—, qué tan rápido cambia eso —una medida de mi masa térmica—, y qué tan grande es su extensión espacial en relación con la tasa con que se mueven a través de ella; o —en otro tema— qué tan grande es la distancia entre capturas de presas, y qué tanta energía obtengo por captura en relación con qué tanto tengo que recorrer entre capturas. Así, para muchos problemas, existe un acoplamiento entre las escalas de tamaño y las escalas temporales en términos de la tasa y frecuencia de los varios flujos de energía, y las desigualdades que deben satisfacerse para que el organismo continúe sobreviviendo).

La lección importante de este ejemplo es que *no se puede simplemente ver la forma de una expresión que relaciona una propiedad del sistema con las propiedades de sus partes para decir si una propiedad es agregativa.* Tampoco es, ni siquiera suficiente, fijarse en esta forma y en las aplicaciones de la teoría a los tipos de casos apropiados para ver si describen adecuadamente lo que ocurre en la naturaleza. También se necesita considerar los supuestos hechos al derivar la "función de composición" para

la propiedad del sistema, y estar seguro de que todos *ellos* sean empíricamente adecuados para el caso en cuestión. Este hecho impone limitaciones importantes a un tratamiento formalista de la agregatividad, debido a que no basta con atender a la forma de las ecuaciones en las teorías acabadas y empíricamente adecuadas. Se tiene que saber también cómo se llegó ahí, *porque las aproximaciones que se hacen a lo largo del camino no pueden olvidarse al evaluar la agregatividad.*

#### LA AGREGATIVIDAD COMO UNA HEURÍSTICA PARA DESCUBRIR DESCOMPOSICIONES ADECUADAS Y NUESTROS CONCEPTOS DE TIPOS NATURALES

Los casos anteriores indican muchas características interesantes de las afirmaciones de agregatividad o agregatividad parcial, y la observación de estos casos en conjunto sugiere algunas interacciones complejas entre el desarrollo de una teoría, la elección de métodos de descomposición, el desarrollo de sistemas experimentales, y lo que hacemos con lo que hemos encontrado. Tomados en su conjunto, éstos nos dan una imagen algo diferente sobre la naturaleza y los usos de la agregatividad y tienen algunas implicaciones más para el establecimiento (y los sesgos) de las metodologías reduccionistas.

1) Del cuadro XX.1, podemos ver que pocas propiedades de un sistema son funciones agregativas de las propiedades de las partes, lo cual sugiere que la emergencia, si se toma como una falla en la agregatividad, es extremadamente común. De hecho, parece ser la regla, más que la excepción. Este análisis podría, quizás con justicia, ser criticado por dar una noción débil de emergencia. A pesar de ello, se encuentra en consonancia con las intuiciones de la mayoría de los científicos que conozco, que no están dispuestos ni a abandonar su reduccionismo ni su emergencia, y que están de acuerdo con la clasificación de casos particulares.

2) Dado este hecho, uno podría preguntarse por qué es tan fuerte la tentación del "nada más que-ismo" —el grito de batalla ontológico de lo que Dan Dennett llama "reduccionismo codicioso"—. Con frecuencia, en la ciencia vemos observaciones tales: "Los genes son las unidades únicas de la selección", "Los organismos no son más que sacos de genes", o "Todo el comportamiento social es reducible al comportamiento de los individuos". ¿Por qué son tan comunes estas afirmaciones si la agregatividad total es tan rara? La respuesta parece ser que, aunque la agregatividad verdadera requiere la invarianza de esa propiedad del sistema en *todas* las descomposiciones y reagregaciones, sin embargo tendemos a pensar en el comportamiento de niveles superiores como agregados del comportamiento de las partes para descomposiciones *particulares*



que *sí muestran esta propiedad*. Estas propiedades, por lo tanto, *se ven como* agregativas para algunas descomposiciones, pero se revelan como emergentes o dependientes de la organización *en* otras. Esto lo vemos particularmente claro en la discusión sobre los sistemas genéticos *multi-locus*. Esta perspectiva del problema está llena de implicaciones: modifica el foco de investigación de la relación entre el sistema y las propiedades de sus partes, a las razones y los procesos por los cuáles se escoge una descomposición, y cuáles son sus efectos.

3) Las propiedades pueden ser agregativas para algunas descomposiciones y no para otras, o más agregativas para algunas que para otras. En esta situación, la agregatividad puede ser usada consciente o inconscientemente —pero en todo caso, bastante racionalmente— como un criterio para elegir entre descomposiciones: *habrá una tendencia para ver las descomposiciones agregativas o las más agregativas como descomposiciones naturales, y las partes así producidas como instancias de tipos naturales, porque estas descomposiciones proporcionarán regularidades, teorías y modelos matemáticos más simples y menos dependientes de contexto que involucran aspectos de su comportamiento. Estas partes serán elegidas entonces como especiales, y las afirmaciones reduccionistas del tipo de "nada más que" usualmente serán falsas o metodológicamente engañosas si se interpretan como sugiriendo que uno no debería preocuparse por construir modelos o teorías del sistema en ninguno de los otros niveles más que en el de las partes en cuestión, o que aquellas entidades preferidas son las únicas "reales"*.

4) El grado en que esta agregatividad parcial conduce a una mayor modularidad física o funcional de las partes (especialmente apropiada en los sistemas que evolucionan con procesos de selección, véase Wimsatt, 1981b, pp. 141-142), llevará a una conciliación o robustez de los límites de las partes individuadas utilizando diferentes propiedades del sistema. *Esta mayor robustez de las partes con esa descomposición —que constituye un criterio regular de objetividad— también contribuirá fuertemente a afirmar que se trata de una descomposición natural o real de las partes* (Wimsatt, 1981a). Y, en el grado en que esto es cierto, estas afirmaciones estarán cada vez más justificadas (dado que la robustez es una propiedad de grados, la justificación de estas afirmaciones no es una cuestión de todo o nada). Nótese también —véase más abajo— que todos estos juicios son sensibles al contexto (salvo en el caso de la agregatividad total, que esencialmente nunca ocurre) y, como tales, generalmente no apoyan las afirmaciones del estilo "nada más que".

5) Se revela otra característica útil: Dado que las condiciones son expresadas en términos de la invarianza de la propiedad del sistema con operaciones de sus partes, para las propiedades cuantitativas uno puede

producir fácilmente una familia de criterios de agregatividad local o aproximada, en la cual las variaciones de la propiedad del sistema dentro de  $\pm e$  son toleradas para varios valores de  $e$  (Wimsatt, 1986). En Wimsatt (1974), utilicé una estrategia similar para caracterizar diferentes grados de cuasidescomponibilidad o modularidad en los sistemas. Las tolerancias son importantes porque con frecuencia utilizamos marcos cuantitativos y cualitativos formales como moldes que la naturaleza puede cumplir en grados variables. Si tenemos un marco particularmente adaptable que puede ser adaptado a la naturaleza en una variedad de lugares y de diferentes maneras, podemos probar con una variedad de tales mapeos, buscando las mejores "adaptaciones". La adición de tales "tolerancias" a un análisis es una estrategia particularmente útil para conceptos cualitativos clave en un mundo desordenado, inexacto y aproximado que tiene muchas regularidades y patrones estables, pero pocas generalizaciones universales y sin excepciones. Dado que las aproximaciones se utilizan frecuentemente para producir ecuaciones que tienen una forma agregativa, el que la propiedad sea o no tratada como agregativa depende de si las condiciones son tales que la aproximación es adecuada —una situación que naturalmente lleva a realizar una investigación.

6) Este análisis puede tomar dos rumbos, con consecuencias que, de manera interesante, son diferentes: *a)* El énfasis en las *condiciones* de la precisión concentra la atención en las propiedades del sistema que son dependientes del contexto, con una falla de la agregatividad que con frecuencia conduce a usar o estudiar el sistema en condiciones diferentes, con la esperanza de encontrar algunas condiciones en las cuales su comportamiento será más agregativo. Si esto se encuentra, existirá la tentación (véase más arriba) de verlas como la naturaleza *real* del sistema, a pesar de lo injustificado que esto pueda ser en última instancia. *b)* El énfasis en la exactitud *requerida* pone el peso en nuestros propósitos y demandas para la aplicación del sistema, ajustando nuestras demandas o métodos de análisis como se requiera —ya sea utilizando métodos adecuados al estudio del comportamiento no agregativo (si se requiere una mayor exactitud), o métodos más débiles que lo tratan como agregativo (si no se requiere mayor exactitud). Este camino alternativo tenderá a alertarnos acerca de nuestro papel al clasificar la propiedad como agregativa o no agregativa. Es importante estar conscientes de este papel, pero una fijación con él puede llevarnos al error complementario, es decir, a la perspectiva incorrecta de que el estatus de la clasificación de la propiedad del sistema es *meramente* instrumental, o —aún menos cierto— que es sólo convencional o socialmente determinada (la "determinación" se usa comúnmente de manera equivocada en tales contextos

al confundir entre “desempeña un papel al determinar” y “por sí misma es suficiente para determinar”).

7) Se puede asignar agregatividad no solamente a las propiedades de los sistemas en la naturaleza, sino también de acuerdo a varias *teorías* pasadas y presentes acerca de la relación del sistema y las propiedades de sus partes. Al hacer esto, uno necesita fijarse no sólo en las ecuaciones que son el resultado derivado final, sino también en las condiciones de la derivación, para ver si las idealizaciones y las aproximaciones que se hicieron llevan a asumir una o más de las condiciones de agregatividad, y si estas suposiciones son legítimas para las condiciones que están a la mano. Se puede, por tanto, derivar un modelo agregativo y también llegar a entender sus condiciones de aplicabilidad.

8) Dado que las teorías mismas evolucionan en el tiempo, puede preguntarse si existen cambios sistemáticos en nuestra perspectiva de la relación entre el sistema y las propiedades de sus partes, con el juicio de agregatividad o emergencia relativizado a la teoría, y usarlo para comparar los *status* cambiantes de las propiedades en teorías sucesivamente mejores acerca de un fenómeno. Esto plantea las mismas dificultades acerca del estado de nuestro conocimiento por las que Hempel o Nagel se preocuparon (véase Wimsatt, 1986), ya que parece sugerir que los juicios de agregatividad o emergencia realmente son acerca de nuestro *conocimiento* del mundo, no sobre el mundo mismo. Pero esto es erróneo. Si se está interesado en el cambio teórico, como realista, esto es *justo* lo que uno quiere —ver cómo cambia el mundo de acuerdo a cómo lo vemos con nuestras teorías. Siempre que se pueda distinguir el uno del otro, está bien. Lo cual pone aún mayor énfasis en que estos criterios de agregatividad pueden ser vistos ya sea como caracterizaciones reconstructivas de las relaciones ontológicas del mundo, o como herramientas para construir y caracterizar teorías. Se pueden hacer ambas cosas. Solamente que se trata de usos *diferentes*.

9) Quizás paradójicamente, dado que las teorías reduccionistas más tempranas del comportamiento de un sistema tenderán a tener el número más grande de supuestos simplificadores, de variables controladas y de constancias asumidas, sus predicados usualmente serán monádicos o de un orden reducido (cuando se comparan con su *status* en la naturaleza). Como resultado de ello, *con el progreso de la ciencia hacia teorías cada vez más realistas* (con propiedades relacionales de un orden superior e interacciones más complejas entre las partes) *el grado y cantidad de la emergencia postulada de las propiedades del sistema deberá tender a incrementarse con la especificación incrementada de la estructura interna y de las relaciones ambientales del sistema en el modelo. Esto es justo lo opuesto de lo que se predice en el modelo clásico positivista de la emergen-*

*cia, pero parece que es justo lo que está ocurriendo con el creciente y reciente interés en el estudio de sistemas complejos.* Considérese, por ejemplo, el incremento en la discusión sobre holismo y emergencia, con el interés creciente y la atención en dinámicas no lineales (sistemas que violan —por lo menos— la cuarta condición de la agregatividad). Aunque este movimiento hacia el holismo con frecuencia va acompañado de mucha plática fácil (y con frecuencia errónea) de tipo antirreduccionista, claramente constituye una confirmación de la estrategia de análisis para el concepto de emergencia que se presenta aquí.

### LA VUELTA AL REDUCCIONISMO

Me gustaría utilizar las características de este análisis para abordar cuestiones más amplias acerca del reduccionismo, y particularmente cómo es percibido en el contexto de un análisis incompleto —¡que es nuestra situación usual! Tal y como se utilizan las condiciones de agregatividad, en realidad representan un marco poderosamente aproximado y ajustable, dado que uno puede construir ordenamientos para ver qué tan bien se cumple cada condición, y ordenamientos parciales para ver qué tan bien se cumplen las cuatro condiciones a lo largo de diferentes descomposiciones del sistema en sus partes. Como se señaló arriba, en el punto 3), entre mejor cumple una descomposición estas condiciones, más fácilmente podemos describir las descomposiciones como construyendo el sistema en un conjunto de partes modulares caracterizadas en términos de propiedades monádicas, intrínsecas o independientes de contexto. Dado que éstas serán descomposiciones particularmente simples y teóricamente productivas del sistema en sus partes, tendremos entonces un incremento en la tendencia a ver a estas propiedades como naturales, a estas partes como instancias de tipos naturales, robustas, y a ver al sistema como “nada más que” la colección de sus partes. Nótese que hemos convertido lo que parecía una distinción arquitectónica entre tipos de propiedades, en una heurística de búsqueda de soluciones para encontrar descomposiciones de sistemas en sus partes que sean preferentemente simples y “máximamente reduccionistas”. Éstos son los tipos de descomposiciones que conducen directamente a hablar del “nada más que” y al imperialismo disciplinario.

Recuérdese que al principio de este artículo caractericé una explicación reduccionista del comportamiento o de una propiedad del sistema, como aquella que muestra a la cosa explicada como explicable mecanicistamente en términos de las propiedades y las interacciones entre las partes del sistema. Pero, ¿qué tiene que ver este sentido de la explicación

reductiva ("explicable mecanicistamente") con el estilo "nada más que" del reduccionismo (esto es, como "agregativo")? Es posible hacer algunos juicios comparativos cualitativos, aun cuando una descomposición dada se desvíe de la agregatividad perfecta, e incluso cuando aún no tengamos una explicación mecanicista completa. Estos juicios son particularmente importantes en campos y en objetivos explicativos cuyas cuestiones centrales se encuentran aún "en proceso", y justo el tipo de juicios que debemos buscar en científicos que son limitados, falibles y dados al error. ¡Lo que aparece es que con un conocimiento total, las dos especies de "reducción" son claramente distinguibles, pero con grados de ignorancia en aumento sobre un sistema, se parecen cada vez más y más! En nuestro estado de conocimiento parcial, no debe por tanto sorprendernos que con frecuencia los confundamos.

Para que un sistema sea demostrablemente agregativo para una descomposición dada de sus partes, tiene que ser casi trivialmente explicable de manera mecanicista, ya que todas las partes tendrán la propiedad en cuestión, y entrarán en la explicación de cómo el sistema tiene la propiedad de la misma manera simple. Sus relaciones con las otras partes usualmente serán ya sea monádicas (es decir, no existentes) o de un orden relativamente bajo, y en cualquier caso tenderán a cumplir condiciones fuertes de simetría y homogeneidad. El sistema será relativamente poco interesante, y sus partes mostrarán una diferenciación funcional despreciable. Ahora, nótese que *ninguna* de estas condiciones se implica al decir que las propiedades de un sistema son mecanicistamente explicables. Por tanto, decir que el comportamiento de un sistema es totalmente explicable en términos del comportamiento de sus partes no es lo mismo que decir que se trata de una función agregativa de sus partes.

Pero ahora considérense situaciones tempranas en la investigación del comportamiento de un sistema (por decir, un organismo), en el cual pensamos que tenemos un buen conjunto de sus partes para usar (por decir, la colección de sus genes). Si todavía no conocemos la diversidad de formas en que tales genes pueden interaccionar entre sí y con las condiciones físicas del organismo (en todas las escalas de tiempo y tamaño relevantes), podemos tender a considerar sus interacciones con un modelo simplificado de primer orden del sistema (al cual vamos a simular o analizar para explorar su comportamiento), o con el tipo de ignorancia del "lo que no se vé, no se piensa" que con frecuencia nos acompaña ante un objetivo complejo cuando aún no nos hemos penetrado en él. En cualquier caso, tenderemos a sobreestimar qué tan agregativo es el sistema, qué tan simple será entender su comportamiento, y a hacer las afirmaciones más simplistas y reduccionistas acerca de

lo que puede aprenderse estudiándolo (¡a veces solamente!) en el nivel inferior (véase Wimsatt, 1979, 1980b y 1985 para ilustrar cómo las perspectivas reduccionistas con frecuencia involucran estos supuestos, así como sus bases en las heurísticas de solución de problemas).

Creo —para tomar un ejemplo actual— que eso explica: 1) las características sobresimplificaciones de afirmaciones tempranas en torno al Proyecto Genoma Humano,<sup>15</sup> 2) la ampliación subsecuente de este proyecto (por ejemplo, para incluir estudios comparativos paralelos sobre la diversidad de genomas en otras especies a diferentes distancias filogenéticas para determinar lo que varía y tener alguna idea de su significancia, así como estudios fisiológicos y del desarrollo, a varios niveles de organización, de la expresión de los caracteres génicos de interés, si es que se pretende que los resultados sean útiles, y 3) el aumento en la moderación de las afirmaciones en torno a lo que aprenderemos con él. Éste es un patrón que ya era predecible, y no sólo explicable después de que ocurrió, dadas las estrategias de investigación reduccionistas que normalmente se aplican y sus sesgos (véase Wimsatt, 1980b y 1985). He pasado por alto los obvios propósitos políticos que se cumplen al exagerar cuánto se logrará con tan poco, pero vale la pena hacer notar que estas afirmaciones reduccionistas ciertamente cumplen con fines políticos, ya sea dentro o fuera de la academia (la mayoría de estas afirmaciones ofensivas comienzan —y deberían hacerlo, si son honestas— con la expresión, “en principio...”. En efecto, ¡el camino al infierno *está* lleno de buenas intenciones!).<sup>16</sup> En el futuro, si queremos ser capaces de juzgar apropiadamente tales afirmaciones, *deberemos* reconocer las limitaciones de nuestro conocimiento, el carácter heurístico de nuestras herramientas, y los sesgos específicos que probablemente resultarán de su aplicación. Ese conocimiento amplio, en una etapa más temprana, podría haber generado un proyecto mejor, que fuera realizado a un ritmo más razonable, con fines más realistas y a un costo más bajo para los otros campos de la ciencia de lo que tendremos que sostener y apoyar para decodificar los textos que encontremos en “el libro de la vida”.

Si todo esto es cierto, ¿por qué las metodologías reduccionistas han parecido tan exitosas? En 1985 hice notar cuatro propiedades generales

<sup>15</sup> El Proyecto Genoma Humano tiene por objeto revelar la secuencia de nucleótidos de todo el material genético del ser humano. En 1988 se firmó el Acuerdo según el cual el Departamento de Energía de los Estados Unidos y los Institutos Nacionales de Salud (NIH) supervisarán el financiamiento otorgado a diferentes laboratorios para esta tarea, que espera cumplirse en los próximos 10 años. Se calcula que el costo aproximado del proyecto será de tres mil millones de dólares. [T.]

<sup>16</sup> En 1976b, desarrollé una discusión sistemática sobre el significado y la crítica de la demostrabilidad de tales afirmaciones *en principio*, y propuse un análisis más realista de sus consecuencias.

de los principios heurísticos,<sup>17</sup> la última de las cuales es particularmente relevante aquí. Un principio heurístico en parte tiene éxito al transformar un problema en otro diferente pero relacionado, que es más fácil de resolver. Pero si lo hace muy efectivamente, existirá una fuerte tendencia a identificar el nuevo problema con el viejo —diciendo algo así como, “ahora que hemos aclarado el problema, puede resolverse...”, o algo similar. Ésta es una de las formas en las que cambios sustanciales en un paradigma pueden quedar ocultos —particularmente cuando hay una cadena acumulativa de tales cambios, cada uno demasiado pequeño para ser visto como “fundamental”. De hecho, pienso que este tipo de reificación *ex post facto* es central para la alta opinión que tenemos de las metodologías reduccionistas, y más en general para la creencia básicamente errónea de que articular un paradigma es simplemente una cuestión de jugar con las opciones que nos son dadas. Pero, aguárdese un minuto, ¿acaso no es cierto que la reducción ha triunfado? Bueno, ha triunfado y no: con frecuencia sus éxitos son genuinos, pero bastante engañosos, con frecuencia ha tenido éxito *vía* una serie de cambios sutiles en la cuestión, de tal modo que aspectos importantes de la cuestión original no han sido respondidos nunca. Y al sacarlos fuera de los límites de la nueva ciencia, habrá una tendencia natural a disminuir su importancia. Después de todo, trabajamos en problemas que se ajustan a nuestros métodos, y todos tenemos una tendencia a sobreestimar el poder de nuestros métodos, y la importancia y centralidad de nuestro propio campo (¡después de todo, es lo que mejor conocemos!). En esto, los científicos comparten un sesgo que es bastante general en diferentes campos y contextos.<sup>18</sup> ¡Las cuestiones que no pueden ser abordadas utilizando nuestros propios métodos exitosos no deben ser muy científicas, ni muy importantes, o ambas!

Así, por ejemplo, todo el problema del desarrollo se diferenció del estudio de la herencia con el surgimiento de la genética de transmisión

<sup>17</sup> Más recientemente (Griesemer y Wimsatt, 1989) he añadido una quinta —el reconocimiento explícito de que las heurísticas son relativas a las intenciones— normalmente se diseñan e introducen con un propósito dado, que se espera que cumplan bien. Sin embargo, si lo hacen bien en algún lugar, tenderán a ser aplicadas en otros contextos en donde se apliquen menos bien. El conocimiento del propósito original de una heurística (o, más en general, de un instrumento), puede por tanto ser muy útil para imaginar las condiciones en las cuales es probable que ésta falle y por qué.

<sup>18</sup> Andy Abbot (manuscrito de tesis de maestría, “Self-Similar Social Structures”, en Sociología, Universidad de Chicago) ha aportado un análisis extremadamente revelador en éste y otros fenómenos relacionados. Su mecanismo involucra exagerar las diferencias percibidas entre las posiciones cercanas a la nuestra, y en contraer las diferencias con posiciones que son más lejanas, con distorsiones métricas y sistemáticas predecibles que tienen el efecto de exagerar la centralidad/importancia de nuestra propia posición.

clásica, entre 1900 y 1926, a pesar de que los fenómenos del desarrollo habían figurado ahí de manera central y eran vistos (incluso a lo largo de una gran parte de este periodo) como restricciones importantes en la forma de nuestras teorías aceptables acerca de la herencia.<sup>19</sup> Precisamente por esta razón Morgan era originalmente escéptico al mendelismo, hasta que el éxito espectacular de su programa de investigación lo llevó simplemente a ignorar sus inadecuaciones bastante paradójicas en ese aspecto. El problema del desarrollo alcanzó de nuevo la promesa de un resurgimiento en la genética al inicio de los años sesenta, con el descubrimiento del operon *lac*, la primera aproximación al problema de cómo un gen podría llevar a cabo una función de control compleja y condicional en la expresión de un carácter, pero resultó una promesa simplista e incorrecta. La genética de los elefantes (o de cualquier eucarionte) después de todo no resultó, para nada, como la genética de las bacterias —y especialmente no lo es la genética del desarrollo de los metazoa. El desarrollo está de nuevo en el centro de la atención por muchas razones (desde finales de los setenta y principios de los ochenta), en parte porque algunos aspectos importantes del problema pueden ser estudiados molecularmente y, de manera más importante, porque hemos descubierto algunos complejos extremadamente poderosos y generales de genes a larga escala (las familias relacionadas *HOM*, *HOX* y *DHOX*) que nos dan una probadita de muchos (si bien no todos) de los fenómenos del desarrollo. ¿Es éste un triunfo del reduccionismo? En parte sí, pero en esto su éxito ha ocurrido por la utilización de datos cada vez más diversos y de teorías provenientes de otros lugares. Precisamente esta diversidad de actores principales lo hace mucho menos reduccionista. La metodología (y, aún más, ¡la retórica!) es todavía muy reduccionista (en el carácter de la heurística utilizada), pero ni la ontología ni la epistemología se encuentran cerca.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Abott, Andrew (1991), "Self-Similar Social Structures", manuscrito, Sociología, University of Chicago. Este análisis será publicado como capítulo 8 de su libro *Chaos Among the Disciplines*.
- Allen, Garland (1979), *Thomas Hunt Morgan: The Man and His Science*, Princeton, Princeton University Press.
- Bechtel, W., y R. C. Richardson (1992), *Discovering Complexity: Decom-*

<sup>19</sup> Para más sobre este aspecto, véase la biografía de Morgan de Garland Allen (1979), el estudio comparativo de Mainschein, Conklin, Morgan y Harrison (1991), el estudio de Darden sobre la construcción temprana de la teoría en la genética (1992), y mi estudio sobre la historia temprana del mapeo por ligamiento (1993).



- position and Localization as Scientific Research Strategies*, Princeton, Princeton University Press.
- Boveri, T. (1902), "On Multipolar Mitosis as a Means of Analysis of the Cell Nucleus", traducción en inglés de "Über mehrpolige Mitosen als Mittel zur Analyse des Zellkerns", *Verhandlungen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg*, 35, pp. 67-90, reimpresso en B. H. Willer y J. M. Oppeheim, *Foundations of Experimental Embriology*, 2a ed., Nueva York, MacMillan, 1974, pp. 74-97.
- Brandon, R. (1982), "The Levels of Selection", en *PSA-1982*, vol. 1, pp. 315-23.
- Callebaut, W. (1993), *Taking the Naturalistic Turn, or How the Real Philosophy of Science is Done*, Chicago, The University of Chicago Press.
- Cartwright, N. (1983), *How the Laws of Physics Lie*, Londres, Cambridge University Press.
- Crow, J. F., y M. Kimura (1970), *An Introduction to Theoretical Population Genetics*, Evanston, Norton Press.
- Darden, L. (1992), *Theory Change in Science: Strategies from Mendelian Genetics*, Nueva York, Oxford University Press.
- Downs, S. M. (1992), "The Importance of Models in Theorizing: A Deflationary Semantic View", en D. Hull, M. Forbes y K. Okruhlik (comps.), *PSA-1992*, vol. 1, pp. 142-153.
- Glennan, S. S. (1992), *Mechanisms, Models and Causation*, tesis doctoral, Departamento de Filosofía, The University of Chicago.
- Griesemer, J., y W. Wimsatt (1989), "Picturing Weissmanism: A Case Study of Conceptual Evolution", en M. Ruse (comp.), *What Philosophy of Biology Is Not*, Dordrecht; Martinus-Nijhoff, pp. 75-137.
- Kauffman, S. (1971), "Articulation of Parts Explanations in Biology and the Rational Search for Them", *PSA-1970*, pp. 257-272.
- (1993), *The Origins of Order: Self-Organization and Selection in Evolution*, Londres, Oxford University Press.
- Levins, R. (1966), *The Strategy of Model Building in Population Biology*.
- (1968), *Evolution in Changing Environments*, Princeton, Princeton University Press.
- (1973), "Complexity", en C. H. Waddington (comp.), *Towards a Theoretical Biology*, vol. 3, Edimburgo, University of Edinburgh Press.
- , y R. C. Lewontin (1985), *The Dialectical Biologist*, Cambridge, Harvard University Press.
- Lewontin, R. C. (1978), "Adaptation", *Scientific American*, September.
- Lloyd, E. (1988/1993), *The Structure and Confirmation of Evolutionary Theory*, Westport, Conn., Greenwood Press, 1988, reimpresso por Princeton University Press, 1993.

- Mainschein, J. (1991), *Transforming Traditions in American Biology, 1880-1915*, Baltimore, John Hopkins University Press.
- Martínez, Sergio (1992), *Robustness and Objectivity*, manuscrito en inglés (versión en español en *Dianoia. Anuario del Inst. Invest. Filosóficas*, UNAM, México, 1992).
- McClamrock, Ron (1991), "Marr's three Levels: A Re-Evaluation", *Minds and Machines*, 1, pp. 185-196.
- Ramsey, J. L. (1990), *Meta-Stable States: The Justification of Approximate Procedures in Chemical Kinetics, 1923-1947*, PhD., Committee on Conceptual Foundation of Science, University of Chicago.
- Sarkar, S. (1992), "Models of Reduction and Categories of Reductionism", *Synthese*, 91, pp. 167-194.
- Schank, J. C., y W. C. Wimsatt (1993), *Model Building 2.0*. Simulation Software para usarse en máquinas Macintosh en la enseñanza de construcción de modelos y su análisis crítico. Parte de la Librería Bio-QUEST de Simulaciones Estratégicas. College Park, MD, Academic Software Development Group, University of Maryland Press.
- Shapiro, J. A. (1992), "Natural Genetic Engineering in Evolution, *Genética*, 86, pp. 99-111.
- Simon, H. A. (1962), "The Architecture of Complexity", reimpresso en *The Sciences of the Artificial*, MIT Press, 1981.
- Sober, E. (1981), "Holism, Individualism and The Units of Selection", *PSA-1980*, vol. 2, pp. 93-121.
- (1985), *The Nature of Selection*, MIT Press.
- , y R. C. Lewontin (1982), "Artifact, Cause and Genic Selection, *Philosophy of Science*, 49, pp. 147-146.
- Strobeck, K. (1975), "Selection in a Fine-Grained Environment", *American Naturalist*, 109, pp. 419-426.
- Waters, K. (1990), "Why the Anti-Reductionist Concensus Won't Survive: The Case of Classical Mendelian Genetics", en A. Fine, M. Forbes y L. Wessels (comps.), *PSA-1990*, vol. 1, pp. 125-139.
- Wimsatt, W. C. (1971), "Some Problems with the Problem of 'Feedback'", en R. C. Buck y R. S. Cohen (comps.), *PSA-1970 (Boston Studies for the Philosophy of Science*, vol. 8), Dordrecht, Reidel, pp. 241-256.
- (1974), "Complexity and Organization", en R. Buck y R. S. Cohen, (comps.), *PSA-1972 (Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 20, pp. 67-86).
- (1976a), "Reductionism, Levels of Organization and the Mind-Body Problem", en G.G. Globus, G. Maxwell e I. Savodnick (comps.), *Consciousness and The Brain*, Nueva York, Plenum, pp. 199-267.
- (1976b), "Reductive Explanation. A Functional Account", en A. C. Michalos, C. A. Hooker, G. Pearce, y R. C. Cohen (comps.), *PSA-1974*

- (*Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. 30). Dordrecht, Reidel, pp. 671-710.
- (1979), "Reduction and Reductionism", en P. D. Asquith y H. Kyberg (comps.), *Current Research in Philosophy of Science*, East Lansing, Michigan, The Philosophy of Science Association, pp. 352-377.
- (1980a), "Randomness and perceived-randomness in evolutionary biology", *Synthese*, 43:287-329
- (1980b), "Reductionist Research Strategies and their Biases in the Units of Selection Controversy", en T. Nickles ed., *Scientific Discovery vol-II: case studies*. Dordrecht, Reidel, pp. 213-259
- (1981a), "Robustness, Reliability and Overdetermination", en R. Brewer y B. Collins (comps.), *Scientific Inquiry and the Social Sciences*, San Francisco, Jossey-Bass (en honor a Donald Campbell).
- (1981b), "Units of Selection and the Structure of the Multi-Level Genome", en Asquith y R. Giere (comps.), *PSA-1980*, vol. 2, pp. 122-183.
- (1985), "Heuristics and the Study of Human Behavior", en D. W. Fiske, y R. Scweder (comps.), *Metatheory in Social Science: Pluralisms and Subjectivities*, Chicago, University of Chicago Press, pp. 293-314.
- (1986), "Forms of Aggregativity", en A. Donogan, N. Perovich y M. Wedin (comps.), *Human Nature and Natural Knowledge* (en honor a Marjorie Green), Dordrecht, Reidel, pp. 259-293.
- (1987), "False Models as Means to Truer Theories", en M. Nitecki y A. Hoffman (comps.), *Neutral Models in Biology*, Londres, Oxford University Press, pp. 23-55.
- (1993), "Golden Generalities and Co-Opteg Anomalies: Haldane vs Muller and the *Drosophila* Group on the Theory and Practice of Linkage Mapping", en S. Sarkar (comp.), *The Founders of Evolutionary Genetics*, pp. 107-166.
- , y J. C. Schank (1993), *Modelling -A Primer*. Manual de laboratorio y libro de texto de 230 páginas, que acompaña al paquete de software BioQUEST, para enseñar la construcción de modelos y su análisis crítico usando como ejemplos ecuaciones de crecimiento de especies únicas (logísticas y logística de densidad mínima), así como un modelo de herencia mezcladora que muestra que podemos usar modelos falsos para construir mejores modelos. Universidad de Maryland (en CD-ROM) para computadoras Mácintosh.

SIXTA PARTE  
TELEOLOGÍA



## XXI. TELEOLOGÍA Y BIOLOGÍA

ANA BARAHONA Y SERGIO MARTÍNEZ

UNA EXPLICACIÓN teleológica es la que apela a causas finales (*i. e.* a propósitos y fines). Juan se levantó a medianoche para tomar agua implícitamente explica la conducta de Juan con relación al fin de saciar su sed. Cuando decimos que "el color de las flores atrae a los insectos", estamos explicando implícitamente el comportamiento de los insectos de manera análoga a como a nosotros nos atraería un manjar. En ambos casos se sugiere que nuestra conducta, como la de los insectos, está guiada por un fin.

En la Edad Media y hasta el siglo XVII las explicaciones científicas recurrían indiscriminadamente a entelequias y a otras causas finales que, como las caricaturiza Descartes en el siglo XVII, se concebían en analogía con "pequeñas mentes" que pretendían explicar los procesos naturales de manera análoga a como explicamos nuestra conducta y la conducta de nuestros semejantes. La ciencia, dice Descartes, no puede tener nada que ver con este tipo de explicaciones. Las causas finales sólo se explican con relación a mentes e intenciones, no en el ámbito de lo natural.

Descartes es enfático: toda explicación científica tiene que formularse en términos de las leyes de la mecánica que son deducibles de la perfección de Dios. El dominio de las explicaciones científicas es todo aquello que puede explicarse por medio de mecanismos, y por lo tanto no hay lugar en la ciencia para explicaciones en términos de causas finales. Esta separación tajante entre el mundo material y el ámbito de las causas finales, va a tener profundas implicaciones en el planteamiento de problemas epistemológicos en la ciencia desde el siglo XVII hasta nuestros días.

A mediados del siglo XIX, sobre todo en Inglaterra, existía un cierto consenso respecto a los alcances de las explicaciones científicas y el dominio de la teología que permitía una cómoda coexistencia pacífica entre ciencia y teología. William Whewell, por ejemplo, uno de los filósofos de ese tiempo más respetados de Inglaterra, había elaborado una versión del dualismo cartesiano. Según Whewell, la ciencia propiamente dicha trataba de explicaciones que podían formularse como derivaciones de leyes de aplicación universal que describían "causas verdaderas". Una "causa verdadera" es aquella cuyos efectos pueden detectarse en cualquier

tiempo y lugar, y por lo tanto pueden servir de base para elaborar nuestro conocimiento científico, a partir de estudiar el efecto de causas que podemos experimentar hoy en día. En esta concepción de Whewell, que con ciertas variantes era la predominante en la Inglaterra donde Darwin desarrolló su teoría de la evolución por selección natural, la ciencia explica regularidades que no tienen historia y sólo indirectamente puede decirnos algo acerca del origen de una estructura o proceso.

La versión de teleología que maneja Whewell es de origen neoplatónico, según la cual las causas finales consisten de propósitos o intenciones de algún agente racional (que se identifica en última instancia con una mente o dios, y por lo tanto, entra en el ámbito de lo teológico). A este tipo de teleología la llamamos externalista.

Por otro lado, el concepto de teleología aristotélica que es diferente del concepto escolástico que caricaturiza Descartes, se refiere a un concepto de teleología cuya aplicación paradigmática es la biología: los propósitos no dependen de una mente o intención sino de la capacidad de los seres vivos de buscar y mantener una cierta organización. A este tipo de teleología le llamamos inmanentista estructural.

A finales del siglo XVIII, Kant había estado profundamente preocupado por el problema de fondo: la naturaleza del conocimiento científico en un mundo que aceptaba el dualismo cartesiano. Kant, como sucesor y heredero de Descartes, Leibniz y Newton, reconoce que todos los procesos naturales deben explicarse únicamente por medio de leyes mecánicas, pero por otro lado reconoce que los propósitos y fines distintivos de la naturaleza humana, y de la organización y el comportamiento de los seres vivos en general, no puede entenderse en términos de meras leyes mecánicas. El comportamiento de los seres vivos tenía que ser visto como requiriendo un diseñador (*i.e* en el sentido externalista de teleología). Esto requería, según Kant, un segundo principio que aparentemente contradecía la primera tesis respecto a la universalidad de las explicaciones mecanicistas. Este segundo principio, a grandes rasgos, establece que algunos sucesos y procesos no pueden ser explicados sobre la base de leyes puramente mecánicas.

Kant resuelve la incompatibilidad de estos dos principios interpretándolos como principios regulativos de la investigación, no como tesis metafísicas. De esta manera, Kant puede sostener que la búsqueda de explicaciones mecanicistas no excluye a la contemplación de los sucesos naturales desde el punto de vista de las causas finales.

En conclusión, la solución de Kant se basa en la aceptación de la idea que puesto que no podemos entender realmente la operación de las causas finales más allá de nuestras propias acciones, las explicaciones basadas en fines, propósitos e intenciones no pueden ser sino maneras de ha-

blar metafóricamente sugerentes, pero que no pueden considerarse como fuentes confiables de conocimiento científico. La preocupación de Kant es genuina, pero su solución, como la de Whewell, no resuelve el problema de fondo, que surge de la aceptación del dualismo cartesiano entre mente (causas finales) y materia (leyes mecánicas) que es sólo compatible con un concepto externalista de teleología.

La idea extrema de Descartes de que incluso los animales y las plantas no eran más que mecanismos, se abandona durante el siglo xvii. Pero sigue viva la oposición a la que Kant se refiere, que es detectable a todo lo largo y ancho de la cultura ilustrada, entre el mundo material regido por leyes mecánicas y el propiamente humano, de valores y fines. El orden evidente en el comportamiento de los seres humanos y de los seres vivos en general se contraponen a las "leyes ciegas" de la naturaleza material.

La teoría de Darwin viene a romper esta frágil coexistencia entre la teleología (que abarca el ámbito de lo teleológico) y la ciencia. La teoría de Darwin pretende explicar un proceso histórico-teleológico por medio de mecanismos (de variación, herencia y selección), y evadir, por lo tanto, la separación tajante entre explicaciones por medio de mecanismos y explicaciones por medio de causas finales. Es importante ponernos en el lugar de los filósofos naturales del siglo xix para poder ver como la teoría de Darwin, y en particular su explicación del origen de las adaptaciones y de la diversidad de la vida, intenta mezclar el agua con el aceite en la medida que pretende explicar procesos teleológicos por medio de mecanismos y "fuerzas ciegas" que no recurren a Dios como un aspecto esencial de la explicación. Darwin y algunos de sus seguidores estaban muy conscientes de este importante cambio de perspectiva introducido por el darwinismo en la ciencia natural. Como dice Asa Gray en 1874: "la gran contribución de Darwin a la ciencia natural fue reincorporar la teleología a la ciencia natural".

Las implicaciones de la teoría de Darwin en la discusión filosófica acerca de qué es una explicación científica son profundas, y esa reincorporación de lo teleológico en la ciencia natural de la que habla Gray es una de las más importantes. Esta reincorporación es el primer paso para el tipo de naturalismo que van a defender Peirce y Dewey entre otros filósofos de finales del siglo xix. Para Dewey, la metodología científica no tenía rompimiento de continuidad con la biología: [las operaciones racionales] son el resultado del desarrollo de actividades orgánicas, sin ser idénticas con aquello de lo cual emergen. Esta concepción de la epistemología requiere abandonar del tipo de dualismo predominante durante el siglo xix entre teleología y ciencia, y contra el que va dirigida la teoría de Darwin.

Como veremos ejemplificado en los artículos de esta parte del libro, y



sobre todo en los trabajos de Wimsatt y Beckner, es posible formular y defender posiciones en cierta medida intermedias que permiten, por lo menos en principio, pensar en la posibilidad de entender tanto a las ciencias humanas como a las ciencias naturales como parte de un mismo tipo de empresa, y pensar en los fines, propósitos y funciones características de las explicaciones teleológicas propias de las ciencias humanas y la biología como en igualdad de condiciones epistemológicas con la física.

En total acuerdo con Asa Gray, Beckner, Wimsatt, Ayala, y con algunos titubeos Mayr, parecen coincidir en que la gran aportación del darwinismo a la ciencia consiste en mostrarnos la manera en la que la teleología puede reincorporarse como un recurso explicativo en la ciencia.

Ahora bien, cuál es exactamente el efecto de la teoría de Darwin en la elucidación de la naturaleza y el alcance de las explicaciones teleológicas en la biología y en otras áreas de la ciencia no es claro. Han habido y siguen habiendo una serie de discusiones filosóficas muy agitadas acerca de estos temas. En primer lugar es posible pensar (en contra de la tesis de Gray) que la evolución describe un mundo totalmente desprovisto de fines, en el cual la evolución es sólo el resultado de fuerzas ciegas. En este caso, toda generalización de la historia de la vida a la estructura de las explicaciones en la biología es cuestionable. Una posición como la que a veces sugiere Gould, por ejemplo, según la cual ninguna generalización de la historia de la vida puede servir de base a explicaciones evolucionistas, es un ejemplo típico del tipo de posición que es el resultado de un rechazo indiscriminado a cualquier aspecto teleológico del proceso evolutivo.<sup>1</sup> Desde la perspectiva de esta primera alternativa, la evolución no es más que una serie de "accidentes congelados". Después de todo, cuando decimos que una flor está diseñada para atraer insectos, ¿no es esta manera de hablar simplemente un resabio de maneras precientíficas y antropocéntricas de hablar? Se quiere implicar que ese diseño tiene un cierto efecto, *nada más*, o se quiere implicar que (por lo menos en parte) ese efecto es la razón de ese diseño en particular. Este tipo de preguntas está en el centro de la discusión entre Ayala y Mayr. Ambos, sin embargo, están de acuerdo en que una posición como la de Gould simplemente pretende resolver un problema importante ignorándolo.

Todos los trabajos que presentamos en esta sección tratan de entender la naturaleza de lo teleológico descomponiendo el problema en diferentes subproblemas. Wimsatt y Beckner se dedican a encontrar una clasificación apropiada de los distintos sentidos de fin, propósito e intención, que permita elaborar un concepto de explicación teleológica útil y claro.

<sup>1</sup> Gould, S.J. (1989), *The Flamingo's Smile*, Norton & Co.; Gould, S.J. (1983), *Hen's Teeth and Horse's Toes*, Norton & Co.

Mayr y Ayala piensan que el uso de lo teleológico debe reducirse a ciertos usos específicos que ellos consideran claros, y que el resto de la discusión debe abandonarse por confusa. La manera de llevar a cabo esto, sin embargo, es diferente en ambos. Mayr piensa que debemos abandonar definitivamente el concepto de teleología y sólo rescatar por medio de una nueva terminología los aspectos importantes para la biología. Mayr recurre a una distinción entre procesos teleonómicos y teleomáticos. Un proceso teleonómico, en sentido amplio, es aquel que "está aparentemente dirigido a un fin", está guiado por un programa y depende de la existencia de un punto final. Un proceso teleomático es aquel que "está dirigido a un fin de una forma pasiva, automática, y es regulado por condiciones o fuerzas externas". Para Mayr, los procesos teleomáticos y teleonómicos son completamente diferentes. Los teleomáticos suceden en la naturaleza inanimada (como por ejemplo, una piedra que cae al golpear el suelo), y los teleonómicos ocurren en la naturaleza viviente (por ejemplo, un siervo que huye de un predador).

En el capítulo que presentamos en este libro, Mayr elabora su definición de "teleonómico" propuesta en 1961.<sup>2</sup> Para Mayr, la teleonomía es un proceso o comportamiento que debe su direccionalidad a la operación de un programa. Existen objetos y acciones que parecieran teleológicas pero no lo son. Esto es, de acuerdo con Mayr, un sistema u objeto puede tener un propósito pero no necesariamente ser teleológico o estar dirigido hacia un fin (un objeto o sistema puede servir a un propósito pero no poseer un *telos*). Mayr utiliza el ejemplo de los automóviles, que si bien han sido creados para el transporte, en sí mismos no tienen un propósito. Según Mayr, decir que un automóvil tiene un telos, está mal, pero sería correcto decir que el individuo que conduce un automóvil tiene el propósito de transportarse de un lugar a otro. Similarmente, un objeto como un cuchillo, no podría ser teleológico, sin embargo si es teleonómico o con un propósito en el sentido de estar programado para cortar. Un cuchillo puede usarse, por ejemplo, para matar a un ser vivo, pero carecer de tal finalidad en virtud de no estar programado para eso. El ADN, aunque sistema funcional y con un propósito, no está dirigido hacia un fin específico, y por lo tanto no es teleológico.

Otro ejemplo mencionado por Mayr es el de un torpedo dirigido hacia un objetivo. Se puede argumentar que el torpedo se comporta teleonómicamente cuando tiene el fin de alcanzar un objetivo. Sin embargo, dice Mayr, no es justificado hablar de un comportamiento teleológico de un torpedo ya que existen miles de torpedos que están almacenados. En

<sup>2</sup> El término "teleonómico" fue introducido por primera vez por C.S. Pittendrigh en 1959 para referirse a procesos dirigidos hacia un fin.

este sentido, Mayr argumenta que sólo es legítimo usar un lenguaje teleonómico para describir procesos biológicos que tengan un propósito.

Ayala, por su parte, argumenta que el uso que hace Mayr del término teleonómico falla en elucidar la cuestión de fondo, ya que existen fenómenos en biología que son dirigidos hacia un fin sin ser autorregulados. La mano del hombre, por ejemplo, está dirigida muchas veces para asir algo, pero no diríamos que la mano es autorregulada, etcétera.

Para Ayala, hay un fin en los sistemas homeostáticos (*vgr.* la regulación de la temperatura del cuerpo en los mamíferos es dirigida a un fin, al mantenimiento de la temperatura del cuerpo) y, por lo tanto, en sentido estricto, son sistemas teleológicos. Más aún, existen numerosos objetos y sistemas que poseen 'fines' o metas. La introducción del término teleonómico, de acuerdo con Ayala, oscurece la conexión entre los sistemas homeostáticos y la teleología, cuando es claro que los sistemas homeostáticos tienen un fin y por lo tanto para Ayala, Mayr está dejando algo de lado al introducir estos neologismos.

Por ejemplo, en climas cálidos en los mamíferos la temperatura del cuerpo es regulada por la transpiración y la dilatación de los capilares cerca de la superficie de la piel. Los mamíferos responden al frío minimizando la pérdida de calor y produciendo calor adicional por otras actividades. Ayala lo describe como un proceso teleológico natural o interno, en el cual la meta es mantener la temperatura del cuerpo dentro de un rango, mediante el mecanismo que se ha descrito. Para Ayala, estaríamos hablando de un sistema homeostático y argumentaría que podría ser visto en términos tanto de fines específicos como últimos. El específico sería regular la temperatura del cuerpo, y el último la sobrevivencia del individuo y su eficacia reproductiva.

Para Ayala, las acciones o los procesos pueden ser considerados teleológicos cuando puedan ser vistos como ordenados de acuerdo con un propósito hacia la obtención de un fin. En este sentido genérico, dice Ayala, las explicaciones teleológicas son aquellas en las cuales se explica la presencia de un objeto o proceso en un sistema exhibiendo su conexión con un estado específico o propiedad del sistema, a cuya existencia o mantenimiento contribuya el objeto o proceso.

Ayala distingue dos tipos de teleologías: la natural y la artificial. Para Ayala la primera puede ser determinada (como en el caso del huevo que se convierte en gallina, o el cigoto que se convierte en un ser humano, o la regulación de la temperatura del cuerpo en los mamíferos), o indeterminada como en el caso del ala del ave. La teleología artificial estaría representada por el cuchillo, una mesa, un automóvil o un termostato. Para Ayala es claro que no es necesario introducir neologismos cuando el lenguaje teleológico es claro y ayuda a distinguir sus diferentes usos.

Por otro lado, en el proceso evolutivo, para Ayala, existen dos niveles de teleología, uno específico y otro último. En el caso del ojo, por ejemplo, el nivel específico se refiere a la función o fin que tiene (la visión), y el nivel último se referiría a la eficacia reproductiva a la cual coadyuvaría el ojo.

Más aún, Ayala cree que las explicaciones teleológicas son compatibles con las causales. Las causales en biología están incompletas sin la parte teleológica. Por ejemplo, "una explicación causal de como opera el ojo es satisfactoria, pero no dice todo lo que es relevante acerca del ojo, es decir, que sirve para ver". Precisamente, las explicaciones teleológicas en biología evolutiva pueden mostrar el desarrollo de un órgano porque revelan como dicho órgano contribuye a la adecuación del organismo.

En la ciencia y la filosofía contemporáneas hay una tendencia a evitar el uso del término teleología, y de expresiones relacionadas como "explicación teleológica". En parte esto se debe al justo reconocimiento de la variedad de problemas y explicaciones que se ocultan detrás de esta terminología. Sin embargo, si bien es cierto que es importante reconocer las importantes diferencias que existen entre los conceptos de fin, propósito, función e intención, así como los diferentes conceptos de fin y función, es también importante tener en mente al discutir, las conexiones entre los diferentes conceptos y variantes, y la importancia que tiene entender esas conexiones para realmente poder entender el dominio de las explicaciones teleológicas. La introducción de terminología nueva, como nos dice Ayala, no necesariamente ayuda, y muchas veces oscurece los problemas de fondo. Como hemos visto, la terminología de Mayr, por ejemplo, que pretende sustituir el término de teleología por la distinción entre procesos teleomáticos y teleonómicos es muy problemática.

Como nos dice Nagel en "La teleología reexaminada"<sup>3</sup> en el caso de un proceso indeterminista que no podemos atribuir a "fuerzas externas", como por ejemplo, un proceso radioactivo, no podríamos decir que es un proceso teleomático, pero seguramente tampoco Mayr quisiera decir que es un proceso teleonómico. Nagel menciona también el problema siguiente. El movimiento de un reloj diseñado para sonar una señal cada hora es la consecuencia de una serie de leyes aplicadas en una compleja red de condiciones iniciales y de frontera. Pero entonces, ¿por qué no ver este proceso como un proceso teleomático que llega a sus estados finales de manera automática? Como dice Nagel, no es nada claro que la distinción entre procesos teleomáticos y teleonómicos sea una manera efectiva de distinguir entre los procesos que queremos considerar como dirigidos a un fin y los que no, y en este sentido, como Ayala recalca,

<sup>3</sup> Ernst Nagel (1979), *Teleology Revisited and Other Essays in the Philosophy and History of Science*, Columbia University Press.

más vale tratar de entender la relación entre explicaciones causales y teleológicas; o quizás como nos van a decir Wimsatt y Beckner con más énfasis, es indispensable entender el sentido en el que las explicaciones teleológicas *son* explicaciones causales.

Pero, antes de presentar las propuestas de Wimsatt y Beckner, e intentar ponerlas en perspectiva y en relación con los trabajos de Ayala y Mayr, es necesario que retrocedamos un poco y que aclaremos un punto crucial. Muchas veces se han criticado las explicaciones teleológicas desde la perspectiva de una epistemología empirista porque carecen de contenido empírico. Este tipo de críticas es sobre todo común en las ciencias sociales. Por ejemplo, si como muchas veces, sobre todo en los círculos conductistas se formula la idea de una explicación teleológica, como una explicación que se basa en leyes de la forma  $x=f(p)$ , en donde  $x$  es un comportamiento, y  $p$  es un propósito considerado como un ente separado y como la causa antecedente de  $x$ , entonces es claro que una explicación teleológica es cosa de risa. Formulada de esta manera, una explicación teleológica involucra la postulación de un ente, la relación entre  $x$  y  $p$  que no puede tener una explicación en términos de leyes naturales (más allá de una mera estipulación de la existencia de esas leyes). En esta manera de plantear el problema es claro que las explicaciones teleológicas no pueden ayudarnos a predecir o controlar mejor los fenómenos, en última instancia, descansan en un supuesto metafísico que no puede probarse empíricamente.

El problema con la formulación anterior es con la forma de la supuesta ley (descrita por la función  $f(p)$ ) sobre la que se basa la explicación. Si podemos capturar de manera diferente la supuesta explicación podríamos evitar la falta de contacto empírico de la que adolece la formulación anterior. La idea intuitiva de reformular el problema es bastante simple. Tenemos que reconocer que en una explicación teleológica, las que explican no son leyes del tipo que hacen de un comportamiento una función del estado de un ente no observable (accesible a la experiencia), sino que más bien, son leyes que establecen una relación entre el comportamiento y aspectos relevantes del sistema y del ambiente, de manera tal que el comportamiento puede verse como el resultado de que ciertas condiciones en el sistema y el ambiente tengan lugar. Esto es, podemos decir que, en las explicaciones teleológicas, el suceso que se requiere que tenga lugar para que se alcance cierto fin, es una condición suficiente para que ocurra. En otras palabras, podemos pensar en explicaciones teleológicas como explicaciones basadas en la existencia de "tendencias naturales" hacia un cierto fin, que surgen de la interacción entre ciertos organismos y su ambiente.

Han sido muy criticados los intentos por "naturalizar" las explicacio-

nes teleológicas de esta manera. Las críticas generalmente se centran en que este tipo de formulación de lo que es una explicación teleológica no satisface un supuesto metafísico común en epistemologías empiristas: que la identificación de los términos involucrados en la explicación pueda darse independientemente de *cualquier* ley en la que el término figure, o de cualquier otro objeto con el que estén relacionados esos términos. Este supuesto, que a veces se le denomina *objetivismo fuerte*, está íntimamente ligado a la metodología de la física clásica, y en el fondo expresa la idea de que el mundo, en última instancia, puede descomponerse en sistemas elementales, cuyas propiedades relevantes para la física existen independientemente de la existencia de cualquier otro objeto, y que el conocimiento que formulamos en nuestras teorías es el resultado de la acumulación de información respecto a las conexiones empíricas uno-a-uno que se dan entre esas unidades. Este supuesto, por una serie de razones, además de las que hemos mencionado en relación con las implicaciones de la teoría de Darwin para la reincorporación de un concepto natural de teleología, ha sido desacreditado, y no hay porqué considerarlo más que como un dogma que hay que abandonar.<sup>4</sup>

Wimsatt inicia la presentación de su propuesta (después de la sección introductoria) mostrando precisamente cómo es posible abandonar este supuesto empirista tradicional, y en particular el supuesto de que es necesario explicar una relación entre el sistema y el fin, en favor de una propuesta en la que se le atribuye al objeto dirigido a un fin una propiedad disposicional a dirigirse al fin. Él muestra cómo se puede entender esa propiedad disposicional en términos de rasgos distintivos de la organización interna del objeto (y su ambiente). Una propuesta de este tipo tiene que confrontar la dificultad de caracterizar el fin al que el objeto se dirige de una manera que no sea circular. Wimsatt sugiere que esta caracterización del fin sea intencional, una caracterización de una clase de objetos-fines en términos de ciertas propiedades.

El artículo de Wimsatt pretende mostrar cómo se puede reconciliar una definición mecanicista del concepto "dirigido a un fin" que satisface los criterios formulados por Chisholm para caracterizar la intencionalidad. Los criterios de Chisholm pueden parecer formulados de una manera enredada. Esto se debe al tipo de formulación lingüística técnica que Chisholm quiere darles, pero la intuición básica de los criterios es clara. El primer criterio de Chisholm, por ejemplo, dice que para que una oración (que describe una acción) sea intencional requiere que ni

<sup>4</sup> Para una caracterización de este concepto y de su importancia en concepciones reduccionistas (no-holistas) del concepto de "estado" de un sistema véase S. Martínez (1994), "Realismo interno versus realismo contextual", *Revista Latinoamericana de Filosofía*, vol. xx. Véase también de Martínez el capítulo 1 de este libro.

esa oración ni su contradictoria impliquen que existe o que no existe algo a lo que se refiere la intención. Nosotros podemos tener la intención de vivir cien años, pero eso muy probablemente no va a pasar, y esto no medra en contra de la intencionalidad de la oración "quiero vivir cien años". Es importante que la definición de Wimsatt de "dirigido a un fin", de "propósito", y de "funcionalidad" en biología satisfacen los criterios de intencionalidad de Chisholm, porque muestra de manera directa la sorprendente similaridad de estructura entre explicaciones intencionales, psicológicas, y explicaciones teleológicas. Esto no quiere decir, como recalca Wimsatt, que debemos de atribuir propósitos, intenciones, razones para actuar, o creencias a mecanismos dirigidos a fines. El punto de Wimsatt no es que la similaridad de estructura apunte a la posibilidad de reducir lo intencional a lo mecánico, más bien, su hipótesis es que al reconocer la similaridad de un patrón identificable de lo que es una explicación teleológica que es útil tanto en psicología, en ciencias sociales, en inteligencia artificial, en biología así como en otras ciencias, se puede entender en qué sentido las explicaciones teleológicas, y en particular las explicaciones de procesos dirigidos a fines, requieren de un cierto contexto estructural con respecto al cual se evalúan los fines. Dependiendo de si estos fines son mecánicos, biológicos o humanos vamos a utilizar diferentes estándares para elaborar y evaluar la explicación. En este sentido, Wimsatt y Beckner contribuyen a elucidar la naturaleza de la continuidad entre diferentes tipos de conocimiento, que Dewey pensaba era la marca del darwinismo.

En el artículo que incluimos en este libro, Wimsatt se refiere a una discusión que fue muy famosa en los años sesenta, y si bien ya está olvidada, el tema sigue siendo examinado y discutido en los textos desde diferentes perspectivas. En los años cuarenta, Rosenblueth, Wiener y Bigelow proponen una caracterización del concepto de objeto dirigido a un fin en términos mecanicistas, utilizando el concepto de retroalimentación negativa, que empezaba a ser importante en la naciente ciencia de la cibernética (el concepto de teleonómico de Mayr es una versión de esta idea). Muchos científicos y filósofos criticaron duramente esta definición y mostraron que en última instancia, este tipo de propuesta adolecía de las dificultades tradicionalmente asociadas con intentos por reducir las explicaciones teleológicas a explicaciones mecanicistas, y en particular que hacían imposible la caracterización empírica de la explicación. El trabajo de Wimsatt propone una manera de superar este problema, una vez que se abandona el supuesto implícito en la propuesta de Rosenblueth, Wiener y Bigelow. El supuesto en cuestión consiste en asumir que "dirigido-a-un-fin" debe entenderse como una relación entre dos cosas. La crítica de este supuesto es el punto central de la propuesta

de Wimsatt. La referencia a los criterios de Chisholm es importante para apoyar su propuesta en la medida que sugiere que de manera natural esa caracterización de "dirigido-a-un-fin", y el concepto de "propósito", que Wimsatt distingue del de fin, permite elaborar una tipología general para tratar las explicaciones teleológicas.

Wimsatt muestra que la teoría de la evolución puede utilizarse para determinar cómo los enunciados de función pueden evaluarse e interpretarse causalmente. La funcionalidad de una cosa es responsable de su evolución. Así, Wimsatt sugiere que también en la psicología, y por lo tanto en problemas en filosofía de la mente, es factible pensar que el uso del patrón de explicación funcional implícito en la teoría de la evolución sea útil para plantearse importantes problemas de manera adecuada. Esta es una idea que Daniel Dennett y Ruth Millikan han explotado en una serie de trabajos.<sup>5</sup>

La importancia de distinguir entre fin y función también preocupa a Beckner en el artículo que aparece en este libro. Beckner principia distinguiendo entre los conceptos de función, fin e intención. El peso y la importancia del artículo, sin embargo, reside en mostrar que una clasificación de diferentes tipos de "adscripciones de función" puede basarse en el tipo de estructura conceptual en los que hablamos de los diferentes tipos de procesos; como él lo pone, su idea es que la distinción reside "en las diferencias lógicas entre los esquemas conceptuales que estamos preparados a aplicar [a diferentes sistemas, y en particular] a animales y a sistemas solares". Beckner desarrolla esta idea mediante la caracterización de lo que él llama la "organización reticular" de un sistema, y un "sistema contribuyente". Estos conceptos pretenden capturar la intuición de que cuando hablamos de funciones en biología hablamos de una relación que tiene lugar entre un "todo" y sus partes organizadas, si bien la contribución de una parte a las actividades de otra parte no tiene que implicar que uno de los subsistemas sea parte del otro. Esto es, el concepto de sistema contribuyente no puede reducirse a la relación de las partes con el todo, pero la presupone.

A Mayr y Ayala les preocupa la elaboración del proyecto interpretativo de la síntesis de la genética y la teoría de la evolución, a la que ambos han hecho contribuciones importantes. Ambos se centran en entender los aspectos teleológicos del proceso de la transmisión genética que tiene lugar a través de los mecanismos de la herencia. Wimsatt y Beckner tienen preocupaciones más generales que giran alrededor del problema filosófico de fondo: elaborar un marco conceptual claro y unifica-

<sup>5</sup> Dennett, Daniel C. (1996), *Darwin's Dangerous Idea*, Simon y Schuster Pubs, y Ruth Millikan (1993), *White Queen Psychology and Other Essays for Alice*, MIT Press.



do para tratar a las explicaciones teleológicas. Ambos toman la teoría de la evolución como marco de referencia inicial para elucidar el concepto de teleología, pero elaboran estrategias diferentes para alcanzar el objetivo. Beckner piensa que todas las explicaciones teleológicas pueden unificarse modelando toda explicación por fines como una explicación funcional. Wimsatt propone una estrategia diferente para alcanzar esa unificación. En el fondo, la propuesta de Wimsatt, que desarrolla más a fondo en otros trabajos, es que una explicación teleológica la debemos ver como una explicación causal, que describe un proceso de selección generalizado. Para Wimsatt, el modelo de causalidad que ejemplifica el mecanismo de la selección natural es el apropiado para toda explicación teleológica. Así, todos los trabajos en esta sección indican una clara tendencia en la ciencia y la filosofía contemporánea a examinar y tratar de elucidar el concepto de teleología partiendo de su uso en la teoría de la evolución, y buscando la manera, ya sea por abstracción o generalización, de formular un marco conceptual unificado para ese tipo de explicaciones.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, F. J. "Teleological Explanations in Evolutionary Biology", *Philosophy of Science* 37, 1970.
- Ayala, F. J. "Teleological Explanations", en M. Ruse (comp.) *Philosophy of Biology*, Nueva York, Macmillan Pub. Co., 1989.
- Ayala, F. J. "Teleología y adaptación en la evolución biológica", *Estudios Filosóficos* 125, vol. XLIV, 1995.
- Dewey, John, *The impact of Darwin on Philosophy*, 1910.
- Nagel, Ernst, *Teleology Revisited and Other Essays in the Philosophy and History of Science*, Columbia University Press, 1979.
- Lennox, James, "Teleology", en *Keywords in Evolutionary Biology*, Evelyn Fox Keller y E. A. Lloyd (comps.), 1992, pp. 324-333.

## XXII. LOS MÚLTIPLES SIGNIFICADOS DE "TELEOLÓGICO"\*

ERNST MAYR

EL LENGUAJE teleológico es utilizado frecuentemente en biología para hacer enunciados acerca de funciones de los órganos, de procesos fisiológicos, y del comportamiento y acciones de especies e individuos. Dicho lenguaje se caracteriza por el uso de las palabras *función*, *propósito* y *objetivo*, así como por aseveraciones de que algo existe o es hecho *con el fin de*. Enunciados característicos de este tipo son: "Una de las funciones de los riñones es eliminar los productos finales del metabolismo de las proteínas", o "Las aves migran hacia climas cálidos con el fin de escapar de las bajas temperaturas y la escasez de alimento propios del invierno". A pesar de las dudas que por mucho tiempo han tenido físicos, filósofos y lógicos, muchos biólogos han seguido insistiendo no sólo en que las expresiones teleológicas son objetivas y están libres de contenido metafísico, sino también en que expresan algo importante que se pierde cuando se elimina de ellas el lenguaje teleológico. Las recientes revisiones del problema en los textos filosóficos (Nagel, 1961; Beckner, 1969; Hull, 1973; para citar sólo unos cuantos de una gran selección de tales publicaciones) conceden legitimidad a algunos enunciados teleológicos, pero todavía exhiben una considerable divergencia de opinión en cuanto al significado real de la palabra *teleológico* y a las relaciones entre teleología y causalidad.

Esta confusión no es nada nuevo y se remonta por lo menos hasta Aristóteles, quien recurrió a las causas últimas no sólo para los procesos individuales de la vida (tales como el desarrollo desde el cigoto hasta el adulto), sino también para el universo como un todo. Para él, como biólogo, el proceso de modelado específico de la forma de la vida era el paradigma primario de un proceso finalístico, pero, para sus epígonos el orden del universo y la tendencia hacia su perfección se volvieron completamente dominantes. La existencia de un principio modelador, finalístico, en el universo fue rechazada correctamente por Bacon y Descartes, pero esto, pensaban, necesitaba la erradicación de todo rastro del lengua-

\* Este ensayo está adaptado de un escrito que apareció primero en *Boston Studies in the Philosophy of Science*, 14 (1974), pp. 91-117, con el título: "Teleological and Teleonomic: A New Analysis".

je teleológico, aún para los procesos biológicos tales como el crecimiento y el comportamiento, o en la discusión de estructuras adaptativas.

La historia de las ciencias biológicas del siglo XVII al XIX se caracteriza por una lucha constante entre los mecanicistas extremos, quienes todo lo explicaban estrictamente en términos de movimientos y fuerzas, y sus oponentes, quienes con frecuencia fueron hasta el extremo opuesto del vitalismo. Una vez que el vitalismo hubo sido derrotado completamente a principios del siglo XX, los biólogos pudieron permitirse ser menos tímidos en su lenguaje y, como lo ha expresado Pittendríg (1958), estuvieron dispuestos nuevamente a decir "Una tortuga salió a tierra para poner sus huevos", en lugar de decir "Salió a tierra y puso sus huevos". Hoy existe un consenso total entre los biólogos de que el fraseo teleológico de dicha expresión no implica ningún conflicto con la causalidad físicoquímica.

No obstante, el mero hecho de que los enunciados teleológicos se hayan vuelto otra vez respetables ha ayudado a revelar algunas inseguridades. La vasta cantidad de publicaciones sobre teleología es prueba elocuente de las poco usuales dificultades asociadas con este tema. Esta impresión se refuerza cuando uno encuentra cuán a menudo algunos autores que abordan el tema han llegado a conclusiones opuestas (Braithwaite, 1954; Beckner, 1969; Canfield, 1966; Hull, 1973; Nagel, 1961). Ellos difieren entre sí en múltiples formas, pero sobre todo al responder a la pregunta: ¿Qué tipo de enunciados teleológicos son legítimos y cuáles no? O ¿cuál es la relación entre Darwin y la teleología? David Hull (1973) ha afirmado recientemente que "la teoría evolutiva se marchó con la teleología y no hay más", sin embargo, unos cuantos años antes MacLeod (1957) había declarado "lo que es más desafiante acerca de Darwin, es su reintroducción del propósito al mundo natural". Obviamente los dos autores deben referirse a cosas muy diferentes.

El análisis puramente lógico ayudó extraordinariamente poco a aclarar la confusión. Lo que finalmente produjo un adelanto en nuestro pensamiento acerca de la teleología fue la introducción de conceptos frescos provenientes del campo de la cibernética y de terminologías recientes del lenguaje de la teoría de la información. El resultado fue el desarrollo de un nuevo lenguaje teleológico, que afirma ser capaz de sacar partido de los méritos heurísticos de la fraseología teleológica sin ser vulnerable a las objeciones tradicionales.

## OBJECIONES TRADICIONALES AL USO DEL LENGUAJE TELEOLÓGICO

La crítica del uso del lenguaje teleológico está basada tradicionalmente en una o varias de las siguientes objeciones. Para que sea aceptable, el lenguaje teleológico debe ser inmune a ellas.

1) *Los enunciados y explicaciones teleológicas implican la aprobación en la ciencia de doctrinas teológicas o metafísicas no verificables.* En efecto, esta crítica fue válida en tiempos pasados, por ejemplo, como cuando la teología natural operaba extensamente con una teleología estrictamente metafísica. Los procesos fisiológicos, las adaptaciones al ambiente, y todas las formas de comportamiento aparentemente intencionado tendían a ser interpretados como debidas a fuerzas vitales no materiales. Esta interpretación fue ampliamente aceptada entre los filósofos griegos, incluyendo a Aristóteles, quien percibió un alma activa en toda la naturaleza. El *élan vital* (1907) de Bergson y la *entelechie* de Driesch (1909) son ejemplos relativamente recientes de dicha teleología metafísica. Los filósofos contemporáneos rechazan tal teleología casi por unanimidad. Asimismo, el empleo del lenguaje teleológico entre los biólogos modernos no entraña la adopción de tales conceptos metafísicos (véase más abajo).

2) *La creencia en que la aceptación de explicaciones para los fenómenos biológicos que no son igualmente aplicables a la naturaleza inanimada, constituye una exclusión de la explicación fisicoquímica.* Desde la época de Galileo y Newton los "científicos naturales" se han esforzado por explicar todo en la naturaleza en términos de las leyes de la física. Aceptar explicaciones especiales para los fenómenos teleológicos en los organismos vivos implicó, para estos críticos, una capitulación con el misticismo y una creencia en lo sobrenatural. Ignoraron que en la naturaleza inanimada nada existe (excepto para las máquinas construidas por el hombre) que corresponda a programas de ADN o a actividades dirigidas a un fin. En realidad, la aceptación de una explicación teleonómica (véase más abajo), de ninguna manera está en conflicto con las leyes de la física y de la química. Tampoco se opone a una interpretación causal, ni implica la aprobación de las fuerzas sobrenaturales en forma alguna.

3) *El supuesto de que objetivos futuros fueran la causa de hechos actuales pareciera estar en completo conflicto con cualquier concepto de causalidad.* Braithwaite (1954) expresó el conflicto de la siguiente manera: "En una explicación causal [normal], el explicando es explicado en términos de una causa que le precede o es simultánea a él; en una explicación teleológica, el explicando es explicado como estando causalmente relacionado, ya sea con un objetivo particular futuro o con un fin biológico que es tanto futuro, como presente, o pasado". Éste es el por qué de

que algunos lógicos, hasta hoy, distinguen entre explicaciones causales y explicaciones teleológicas.

4) *El lenguaje teleológico pareciera representar un censurable antropomorfismo.* El uso de términos como *intencionado* o *dirigido a un fin* parecerían implicar la transferencia de cualidades humanas, tales como la intención, el propósito, la planeación, la deliberación o conciencia, a estructuras orgánicas y a formas de vida subhumanas.

El comportamiento intencional, el que tiene un propósito, es teleológico casi por definición. Sin embargo voy a excluirlo de la discusión posterior porque el uso de las palabras *intencional* o *premeditado conscientemente*, las cuales son empleadas generalmente con respecto a tal comportamiento, corren el riesgo de embrollarnos en controversias complejas sobre la teoría fisiológica, aun cuando una buena parte del comportamiento humano no difiere en carácter del comportamiento animal. Este último, aunque normalmente es descrito en términos de estímulo y respuesta, también es altamente "intencional", como cuando un depredador acecha a su presa o cuando la presa huye del depredador perseguidor. A pesar de lo aparentemente "intencional" que es, el comportamiento dirigido a un fin en los animales puede ser discutido y analizado en términos definibles operacionalmente, sin recurrir a términos antropomórficos como *intencional* o *consciente*.

Como resultado de éstas y otras objeciones, las explicaciones teleológicas fueron consideradas ampliamente como una forma de oscurantismo, una evasión a la necesidad de una explicación causal. En realidad, algunos autores fueron demasiado lejos al hacer declaraciones como: "Las nociones teleológicas se encuentran entre los principales obstáculos en la formación de teorías en biología" (Lagerspetz, 1959, p. 65). No obstante, los biólogos insistieron en continuar usando el lenguaje teleológico.

El dilema teleológico consiste, entonces, en que numerosas objeciones y al parecer de peso, contra el uso del lenguaje teleológico han originado diversas críticas y sin embargo los biólogos han insistido en que perderían mucho, metodológica y heurísticamente, si se les impidiera utilizar dicho lenguaje. Es mi empeño resolver este dilema mediante un nuevo análisis y particularmente, mediante una nueva clasificación de los diversos fenómenos que tradicionalmente han sido designados como teleológicos.

#### LA HETEROGENEIDAD DE LOS FENÓMENOS TELEOLÓGICOS

Uno de los mayores defectos de las discusiones más recientes sobre el problema de la teleología, ha sido la heterogeneidad de los fenómenos designados como teleológicos por los diferentes autores. Para mí, pare-

cería fútil llegar a definiciones rigurosas hasta que la mescolanza de los fenómenos señalados como teleológicos sea separada en clases más o menos heterogéneas. Alcanzar este objetivo será mi primera tarea.

Asimismo, mezclar una discusión sobre teleología con problemas ajenos como el vitalismo, holismo o reduccionismo, sólo hace confuso el problema. Los enunciados y los fenómenos que han sido designados en las publicaciones como teleológicos, pueden ser agrupados en tres clases:

1) Secuencias evolutivas unidireccionales (progresionismo, ortogénesis).

2) Procesos aparente o genuinamente orientados hacia un fin.

3) Sistemas teleológicos.

La siguiente discusión servirá para poner de manifiesto las grandes diferencias entre estas tres clases de fenómenos.

#### SECUENCIAS EVOLUTIVAS UNIDIRECCIONALES

Ya con Aristóteles y otros filósofos griegos, pero cada vez más hasta el siglo XVIII, existió la creencia en un progresionismo ascendente o descendente en el arreglo de los objetos naturales. Esto fue expresado de manera más concreta en el concepto de la *scala naturae*, la escala de perfección (Lovejoy, 1936). Concebida originalmente como algo estático (o aun descendente debido a un proceso de degradación), la escala de perfección fue contemporizada en el siglo XIX y se fundió casi inadvertidamente en las teorías evolutivas como la de Lamarck. Las teorías progresionistas fueron propuestas de dos formas un tanto distintas. El avance seguro hacia la perfección estaba dirigido por una fuerza sobrenatural (un sabio creador) o, más vagamente, por un impulso inmanente hacia la perfección. Durante el florecimiento de la teología natural dominó el concepto "intervencionista", pero después de 1859 fue remplazado por las llamadas teorías ortogenéticas, defendidas ampliamente por biólogos y filósofos (véase Lagerspetz, 1959, pp. 11-12 para una idea general). Simpson (1949) rebatió la posibilidad de la ortogénesis con argumentos particularmente decisivos. Ciertamente, como Weismann había dicho tiempo atrás (1909), el principio de la selección natural resuelve el origen de la adaptación progresiva sin el auxilio de fuerzas que determinen un objetivo.

Es un tanto sorprendente como muchos filósofos, físicos y ocasionalmente biólogos todavía se dejan seducir por el concepto de una determinación teleológica de la evolución. El dogma completo de Teilhard de Chardin está construido sobre tal teleología y así lo están también, como Monod (1971) ha señalado muy correctamente, la mayoría de las ideolo-

gías más importantes del pasado y del presente. Aun algunos evolucionistas serios juegan, en mi opinión, muy peligrosamente con el lenguaje teleológico. Por ejemplo Ayala (1970, p. 11) dice,

el proceso de la evolución en conjunto no puede decirse que sea teleológico en el sentido de estar dirigido a la producción de determinados códigos de información de ADN, *i. e.* organismos. Pero yo defiendo que puede decirse teleológico en el sentido de estar dirigido a la producción de códigos de información de ADN que mejoren la adecuación reproductiva de una población en los ambientes en que vive. El proceso de la evolución puede también decirse teleológico en que tiene la potencialidad de producir códigos de información de ADN dirigidos a un fin, y de hecho ha resultado en estructuras teleológicamente orientadas, patrones de conducta y mecanismos regulados.

Para mí esto parece una mala interpretación. Si *teleológico* significa algo, significa *dirigido a un fin*. No obstante, la selección natural es estrictamente un proceso *a posteriori* que premia el éxito actual, pero nunca determina objetivos futuros. Nadie comprendió esto mejor que Darwin, quien se recordaba a sí mismo "nunca utilizar las palabras superior o inferior". La selección natural premia los hechos pasados, esto es, la producción de recombinaciones exitosas de genes, pero no planea el futuro. Esto es precisamente lo que le da su flexibilidad a la evolución por selección natural. Con el ambiente cambiando incesantemente, la selección natural —en contraste con la ortogénesis— nunca se compromete con una finalidad futura. Es engañoso y absolutamente inadmisibles designar como objetivos definidos y determinados, conceptos ampliamente generalizados tales como sobrevivencia o éxito reproductivo.

La misma objeción puede formularse en contra de argumentos similares presentados por Waddington (1968, pp. 55-56). Como muchos otros biólogos del desarrollo, siempre está en busca de analogías entre la ontogenia y la evolución "Durante algunos años, he estado preconizando que los tipos de explicación cuasifinalísticos se requieren en la teoría de la evolución tanto como en la del desarrollo". La selección natural "en sí basta para determinar, en cierto grado, la naturaleza del fin hacia el cual procederá la evolución, debe resultar en un incremento en la eficiencia del sistema biológico como un todo, en encontrar los modos de reproducirse a sí mismo". Se refiere aquí a procesos completamente generalizados más que a objetivos específicos. Es bastante fácil demostrar lo absurdo de las conclusiones a las que uno llega mediante la sobregeneralización del concepto de orientación hacia un fin. Por ejemplo, uno debe decir que morir es el propósito de todo individuo porque éste es el objetivo de cada individuo, o que extinguirse es el objetivo de cada línea evolutiva porque esto es lo que le ha pasado al 99.9% de todas las

líneas evolutivas que han existido. Ciertamente, uno se vería forzado a considerar teleológica hasta la segunda ley de la termodinámica.

Una de las contribuciones más grandes de Darwin fue aclarar que los procesos teleonómicos que involucran únicamente a un individuo son de una naturaleza completamente distinta a la de los cambios evolutivos. Los últimos están controlados por la acción recíproca de la producción de variantes (nuevos genotipos) y su elección por medio de la selección natural, un proceso que decididamente no está dirigido a un fin distante y determinado. Una discusión de los fenómenos legítimamente teleológicos sería fútil, a menos que no se consideren los procesos evolutivos.

#### PROCESOS APARENTE O GENUINAMENTE DIRIGIDOS A UN FIN

La naturaleza (orgánica e inanimada) abunda en procesos y actividades que conducen a un fin. Algunos autores al parecer creen que todos esos procesos terminales son de un tipo y que son "finalísticos" en la misma manera y en un mismo grado. Taylor (1950), por ejemplo, si entiendo correctamente, afirma que todas las formas de comportamiento activo son de la misma clase y que no existe una diferencia fundamental entre un tipo de movimiento o acción intencionada y cualquier otra (acción activa). Waddington (1968) proporciona una definición de su término *cuasi-finalístico* como aquel que requiere "que el estado final del proceso esté determinado por sus propiedades iniciales".

Un estudio más amplio indica, sin embargo, que la clase de procesos dirigidos a un fin está compuesta por dos tipos de fenómenos totalmente diferentes, que pueden ser caracterizados de la siguiente manera:

*Procesos teleomáticos en la naturaleza inanimada.* Muchos movimientos de los objetos inanimados así como los procesos fisicoquímicos son las simples consecuencias de las leyes naturales. Por ejemplo, la gravedad provee el estado final para una piedra que dejó caer dentro de un pozo. La piedra alcanzará su estado final cuando llegue al reposo en el fondo. Un pedazo de hierro candente alcanza su estado final cuando su temperatura y la del ambiente son iguales. Todos los objetos del mundo físico están dotados con la capacidad de cambiar su estado y estos cambios siguen las leyes naturales. Están dirigidos a un fin solamente en una forma pasiva, automática, son regulados por condiciones o fuerzas externas. Puesto que el estado final de tales objetos inanimados es alcanzado automáticamente, dichos cambios deben ser designados como *teleomáticos*. Todos los procesos teleomáticos alcanzan un fin cuando el potencial es consumido (como en el enfriamiento de un pedazo caliente de hierro) o cuando el proceso es detenido al encontrar un impedimento



externo (como una piedra que cae al golpear el suelo). Los procesos teleomáticos simplemente siguen las leyes naturales, *i. e.* conducen a un resultado consecuente a las fuerzas físicas concomitantes, y el logro de su estado final no está controlado por un programa incorporado al proceso. La ley de la gravedad y la segunda ley de la termodinámica se encuentran entre las leyes naturales que con mayor frecuencia gobiernan los procesos teleomáticos.

*Procesos teleonómicos en la naturaleza viviente.* Aparentemente, el comportamiento dirigido a un fin en los organismos es de una índole completamente distinta de los procesos teleomáticos. El comportamiento orientado a un fin (en el sentido más amplio de esta palabra) se encuentra extremadamente difundido en el mundo orgánico; por ejemplo, la mayor parte de la actividad relacionada con la migración, la obtención de alimento, el cortejo, la ontogenia y todas las fases de la reproducción se caracterizan por dicha orientación hacia un fin. Que los procesos orientados a un fin ocurran es quizá el rasgo más distintivo del mundo de los seres vivos.

Durante los últimos 15 años o algo así, el término teleonómico ha sido utilizado cada vez más para los procesos dirigidos a un fin presentes en los organismos. En 1961 propuse la siguiente definición para esta palabra: "parecería útil restringir rígidamente el término teleonómico a sistemas que operan sobre las bases de un programa, un código de información" (Mayr, 1961). Aunque usé el término *sistema* en esta definición, me he convencido desde entonces de que permite una mejor definición operacional, considerar ciertas actividades, procesos (como el crecimiento) y conductas activas, como las ilustraciones más características de los fenómenos teleológicos. Por tanto, modifiqué mi definición de la siguiente forma: *Un proceso o un comportamiento teleomático es aquel que debe su direccionalidad hacia un objetivo, a la operación de un programa.* El término teleonómico lleva implícita la dirección a una finalidad. Esto, a su vez, implica un proceso dinámico más que una condición estática, como la representada por un sistema. La combinación de teleonómico con el término sistema, es así, más bien incongruente (véase más abajo).

Todo el comportamiento teleonómico se caracteriza por dos componentes: es guiado por un "programa" y depende de la existencia de un punto final, objetivo, o terminación, el cual está previsto en el programa que regula el comportamiento. Este punto final debe ser una estructura, una función fisiológica, la obtención de una nueva posición geográfica o un acto "consumatorio" (Craig, 1918) en el comportamiento. Cada programa particular es el resultado de la selección natural, ajustado constantemente por el valor selectivo del punto final alcanzado.

Mi definición de *teleonómico* ha sido calificada por Hull (1973) como

una "definición histórica". Aunque el programa genético (así como sus componentes individuales) se originó en el pasado, su historia es completamente irrelevante para el análisis funcional de procesos teleonómicos dados. Para ello es totalmente suficiente saber que existe un "programa" que es causalmente responsable del carácter teleonómico de los procesos orientados a un fin. Si este programa se ha originado a través de una macromutación afortunada (como Richard Goldschmidt ha pensado que es posible) o a través de un proceso lento de selección gradual o aún, a través del aprendizaje individual o condicionamiento como en los programas abiertos, es absolutamente indiferente para clasificar un proceso como "teleonómico". Por otro lado, un proceso que no tiene un objetivo programado no tiene derecho a ser designado como teleonómico (véase más abajo para una discusión del concepto de *programa*).

Todos los procesos teleonómicos son facilitados por estructuras ejecutoras específicamente seleccionadas. La huida de un ciervo de un depredador carnívoro es facilitada por la existencia de órganos sensoriales muy evolucionados y por el adecuado desarrollo de músculos y otros componentes del aparato locomotor. Las propiedades altamente específicas de las macromoléculas complejas hacen posible la ejecución apropiada de los procesos teleonómicos en el nivel molecular. La definición sería inútil si la conveniencia de estas estructuras facilitadoras de ejecución se incorporara al concepto de *teleonómico*. Por otro lado, está en la naturaleza de los programas teleonómicos, el que no inducen un simple despliegue de algún *gestalt* totalmente preformado, sino que siempre controlan un proceso más o menos complejo, el cual debe tolerar perturbaciones internas y externas. Los procesos teleonómicos durante el desarrollo ontogenético, por ejemplo, se encuentran constantemente en peligro de ser desviados, aunque sólo sea temporalmente. Existen innumerables dispositivos de retroalimentación para prevenir o corregir esto. Waddington (1957) de manera correcta ha llamado la atención hacia la frecuencia e importancia de tales dispositivos homeostáticos que virtualmente garantizan la apropiada canalización del desarrollo.

Tenemos una gran deuda de gratitud con Rosenblueth *et al.* (1943) por su esfuerzo en encontrar una nueva solución para explicar los fenómenos teleológicos. Ellos identificaron correctamente dos aspectos de dichos fenómenos: 1) que son aparentemente intencionales, que están dirigidos a un objetivo y, 2) que consisten de conducta activa. Estos autores se formaron en el campo de la cibernética de reciente desarrollo, y por lo tanto es normal que hayan subrayado que el comportamiento dirigido a un fin esté caracterizado por mecanismos que corrigen los errores cometidos durante la búsqueda del objetivo. Ellos consideran los circuitos cerrados de retroalimentación negativa de tales comportamientos como

su aspecto más característico y afirman, "el comportamiento teleológico se vuelve, así, sinónimo del comportamiento controlado por retroalimentación negativa". Esta afirmación destaca aspectos importantes del comportamiento teleológico, pero no acierta en el punto crucial: *El verdadero aspecto distintivo del comportamiento dirigido a un fin no es que existan mecanismos que incrementen la precisión con la cual es conseguido el objetivo, sino más bien que existen mecanismos que inician, i. e. "causan" este comportamiento.* No es el termostato el que determina la temperatura de una casa, sino la persona que ajusta el termostato. No es el torpedo el que señala hacia cual barco será disparado y a qué hora, sino el oficial naval que lanza el torpedo. La retroalimentación negativa sólo aumenta la precisión de la búsqueda del fin, pero no lo determina. Los dispositivos de retroalimentación solamente son mecanismos de ejecución que operan durante la traducción del programa.

Por lo tanto, definir los procesos teleonómicos en términos de la presencia de dispositivos de retroalimentación pone énfasis en el punto equivocado. Son mediadores del programa, pero en lo que atañe al principio básico de la realización del objetivo, son de importancia menor.

*Usos recientes del término teleonómico.* El término *teleonómico* fue introducido al lenguaje científico por Pittendrigh (1958, p. 394) en el siguiente párrafo:

Actualmente el concepto de adaptación empieza a disfrutar de una creciente respetabilidad por varias razones: es considerada menos que perfecta; la selección natural es mejor entendida; y el ingeniero físico ha hecho inviolable el uso de la jerga teleológica al construir máquinas automáticas que tienen un propósito. Parece poco afortunado que el término "teleología" deba ser resucitado y, que según creo, de esta manera se abuse de él. La vieja confusión de los biólogos se eliminaría de una forma más completa si los sistemas dirigidos a un fin fueran descritos mediante otros términos, como "teleonómico", con el objeto de destacar que el reconocimiento y la descripción de la direccionalidad hacia un objetivo, no entraña un compromiso con la teleología aristotélica como principio causal eficiente.

Es evidente que Pittendrigh tenía en mente los mismos fenómenos que yo,<sup>1</sup> aunque su definición es más bien vaga y desafortunado el hecho de que coloque el término *teleonómico* en oposición al de *teleología*

<sup>1</sup> Esto lo deduzco a partir del siguiente comentario explicativo que he recibido del profesor Pittendrigh por carta (con fecha de febrero 26 de 1970):

Usted pregunta acerca de la palabra "teleonomía". Tiene razón en decir que yo introduje el término a la biología y, además, yo lo inventé. Mientras pensaba en el artículo que escribí para el libro de Simpson y Roe (en el que el término es introducido), estaba obsesionado por la famosa vieja pulla de Haldane de que "la teleología es como una querida para un biólogo: no puede vivir sin ella, pero no está dispuesto a que lo vean con ella en público".

de Aristóteles. Como veremos después, la mayoría de las referencias aristotélicas a los procesos dirigidos a un fin aluden precisamente a las mismas cosas que Pittendrigh y yo llamaríamos teleonómicas (véase también Delbruck, 1971; Gotthelf, 1976).

Otros usos recientes del término que difieren de mi definición, son los siguientes. B. Davis (1961), creyendo que el término denota "el desarrollo de estructuras y mecanismos valiosos" como resultado de la selección natural, utiliza el concepto virtualmente como sinónimo de adaptabilidad. Lo mismo es aplicable, en gran parte para Simpson (1958, pp. 520-521), quien ve en *teleonómico* la descripción de un sistema o estructura de ventaja selectiva y producida por la evolución:

Mientras pensaba en esto, se me ocurrió que todo el asunto no tenía sentido —que con lo que el biólogo no podía vivir, no era con la ilegitimidad de la relación, sino con la relación en sí. La teleología en su forma aristotélica tiene, desde luego, al fin como causa inmediata, "eficiente". Y eso es precisamente lo que el biólogo (con toda la historia de la ciencia desde 1500 detrás de él) no puede aceptar: es inadmisible en un mundo que siempre es mecanicista (y por supuesto en ello incluyo probabilístico así como estrictamente determinístico). De lo que el biólogo no podía escapar era del hecho fundamental de que debe (como científico) explicar: que los objetos de la investigación biológica son organizaciones (él les llama organismos) y, como tales, están dirigidos a un fin. Organización es más que mero orden; el orden carece de direccionalidad hacia una meta, las organizaciones se dirigen hacia ella [recuerdo una maravillosa conversación con John von Neumann en la que explorábamos la diferencia entre "mero orden" y "organización" y su insistencia (yo ya lo creía) en que el concepto de organización (como es definido contextualmente en su uso diario) siempre involucra "propósito" o direccionalidad hacia un objetivo].

Buscaba una palabra que me permitiera (y a todos nosotros como biólogos) describir, recalcar o simplemente aludir —sin ofender— a esta direccionalidad finalista de un sistema mecanicista perfectamente respetable. La teleología no lo haría, cargando consigo la implicación de que la finalidad es causalmente efectiva en la operación actual de la máquina. Teleonómico, se espera, escapa a esa franca falsedad que, de todos modos, ya no es necesaria. Haldane estaba equivocado, en este sentido (seguramente un hecho raro): podemos vivir sin la teleología.

La esencia del problema recae desde luego en no confundir los mecanismos del cambio evolutivo y los mecanismos fisiológicos de los organismos abstraídos de la escala del tiempo evolutiva. La más general de todas las "finalidades" y "propósitos" biológicos es desde luego la perpetuación por reproducción. *Esa* finalidad [y todas sus "finalidades" subsidiarias de alimentación, defensa y sobrevivencia en general] es de algún modo efectiva en causar la selección natural; en causar el cambio evolutivo; pero no en causarse a sí misma. En resumen, hemos fallado en el pasado en no confundir la causación en los orígenes históricos de un sistema y la causación en el desempeño actual del sistema...

Usted pregunta en su carta si algún teórico de la información no lo había introducido ya. No, a menos que usted desee llamarme un teórico de la información. Sin embargo, es cierto que mis propias ideas sobre el asunto fueron significativamente afectadas por un artículo publicado por Wiener y Bigelow con el intrigante título "Máquinas intencionadas". Éste señalaba que en la entonces recién surgida era de la computación, era posible diseñar y construir máquinas que tenían fines o propósitos, sin implicar que éstos fueran la causa de la operación inmediata de la máquina.

Las palabras "finalístico" y teleológico" han tenido, sin embargo, una historia desafortunada en la filosofía que los hace totalmente inconvenientes para su uso en la biología moderna. Han sido utilizadas con demasiada frecuencia para significar que la evolución como un todo tiene un propósito predeterminado, o que la utilidad de la organización en general, está en relación al hombre o a algún esquema sobrenatural de cosas. Entonces, estos conceptos pueden negar implícitamente, en lugar de expresar, la conclusión biológica de que la organización en los seres vivos tiene que ver con la utilidad para cada especie separada en el tiempo en que ocurre y no con respecto a cualquier otra especie o tiempo futuro. Destacando este punto de vista, Pittendrigh [arriba] sugiere que la palabra "teleonomía" recientemente acuñada, sea sustituida por el desprestigiado uso de la teleología.

Monod (1971) también ha abordado el tema de la teleonomía como si la palabra simplemente significara adaptación. No es sorprendente, por lo tanto, que Monod considere la teleonomía como un "concepto profundamente ambiguo". Además, dice Monod, todas las adaptaciones funcionales son "muchísimos aspectos o fragmentos de un proyecto fundamental único que es la preservación y multiplicación de las especies". Finalmente, completa la confusión al escoger "definir el proyecto teleonómico esencial, como aquel que consiste en la transmisión de una generación a otra del contenido no variable de las características de las especies. Todas estas estructuras, todo desempeño de las funciones, todas las actividades, contribuyen al éxito del proyecto esencial, que por tanto será denominado teleonómico".

Yo designaría como de "valor selectivo" lo que Monod llama "teleonómico". En estas circunstancias, no es extraño que Ayala sostenga que el término *teleonomía* ha sido introducido al lenguaje filosófico con el propósito de "explicar la adaptación en la naturaleza como el resultado de la selección natural". Si esto fuera verdaderamente cierto, y es cierto para las ya citadas definiciones de Simpson y Davis, el término sería absolutamente innecesario. En realidad, no hay nada en mi consideración de 1961 que sustente esta interpretación, y no sé de otro término que pudiera definir una actividad o comportamiento que está dirigido a un fin y que es controlado por un programa. Aun cuando la discusión de Pittendrigh más bien ha hecho confunso el problema y ha llevado a las subsecuentes interpretaciones erróneas, evidentemente tenía en mente los mismos procesos y fenómenos que yo designé como *teleonómicos*. Parece que bien valdría la pena retener el término en la más rigurosa definición, la cual he dado ahora.

## EL SIGNIFICADO DE LA PALABRA "PROGRAMA"

*Programa* es la palabra clave en mi definición de *teleonómico*. Alguien podría afirmar que las dificultades de una definición aceptable para el lenguaje teleológico en biología han sido simplemente transferidas al término *programa*. Ésta no es una objeción legítima porque no reconoce que, dejando de lado su definición particular, un programa es 1) algo material, y 2) existe desde antes de la iniciación del proceso teleonómico. Por tanto, es consistente con una explicación causal.

Sin embargo, debe admitirse que el concepto de programa es tan nuevo, que la diversidad de significados de la palabra aún no ha sido explorada completamente. El término está tomado del lenguaje de la teoría de la información. Una computadora puede actuar intencionadamente cuando se le han dado instrucciones programadas de manera pertinente. Tentativamente, *programa* podría ser definido como, *la información codificada o dispuesta de antemano que controla un proceso (o comportamiento), llevándolo hacia un objetivo dado*. Como Raven (1960) ha subrayado correctamente, el programa no sólo contiene el proyecto sino también las instrucciones sobre cómo utilizar la información del mismo. En el caso de un programa de computación o del ADN del núcleo celular, el programa está completamente separado de la maquinaria ejecutora. En el caso de la mayoría de las máquinas automáticas hechas por el hombre, el programa es parte de la maquinaria total.

Mi definición de programa está escogida deliberadamente, de tal forma que evite trazar una línea entre el comportamiento aparentemente "intencionado" en los organismos y las máquinas fabricadas por el hombre. El programa más simple es quizás el de un peso insertado en cubos cargados (percutor) o unido a un número "fijo" de engranajes de tal manera que están colocados a propósito para llegar a una pausa en un cierto número de vueltas. Un reloj está construido y programado de tal manera que suene transcurrida una hora completa. Cualquier máquina que esté programada para realizar actividades dirigidas a un objetivo, es capaz de hacer esto "automáticamente".

Los programas que controlan los procesos teleonómicos en los organismos, o están totalmente asentados en el ADN del genotipo (programas cerrados), o están conformados de tal forma que puedan incorporar información adicional (programas abiertos) (Mayr, 1964), adquirida a través del aprendizaje, el condicionamiento u otras experiencias. La mayoría de las conductas, particularmente en los organismos superiores, están controladas por este último tipo de programas.

Los programas abiertos son particularmente adecuados para demostrar que el modo de adquisición de un programa es completamente

una cuestión del carácter teleonómico del comportamiento controlado por el programa. Nada podría ser más intencionado, más teleonómico, que una parte considerable del comportamiento de huida en muchas especies presa (en aves y mamíferos). Sin embargo, en muchos casos el conocimiento de qué animales son depredadores peligrosos es aprendido por los jóvenes, quienes tienen un programa abierto para esta clase de información. En otras palabras, esta información particular no se adquiere a través de la selección y sin embargo es, en parte, claramente responsable del comportamiento teleonómico. Muchos de los componentes teleonómicos de la conducta reproductiva (incluyendo la elección de pareja) de las especies improntadas es solo parcialmente el resultado de la selección. La historia de la adquisición de un programa, por lo tanto, no puede ser integrada a la definición de teleonómico.

El origen de un programa es absolutamente irrelevante para la definición. Puede ser el producto de la evolución, como todos los programas genéticos, o puede ser información obtenida de un programa abierto, o un dispositivo de manufactura humana. Cualquier cosa que no conduzca a lo que, al menos en principio, es un objetivo predecible, no califica como un programa. Aun cuando su fondo génico pone límites severos a la evolución futura de una especie, el curso de esta evolución está controlado en gran parte por la cambiante constelación de presiones de selección y por ello, no es predecible. No está programado en el fondo génico presente.

El concepto completo de programa de información es tan reciente, que ha recibido escasa atención por parte de filósofos y lógicos. Mi análisis tentativo puede requerir, por tanto, una revisión considerable cuando sea sujeto al escrutinio posterior.

### ¿CÓMO OPERA EL PROGRAMA?

El filósofo puede estar dispuesto a aceptar la aseveración del biólogo de que un programa dirige un determinado comportamiento teleonómico, pero también le gustaría saber cómo el programa lleva a cabo esta función. ¡Ay!, todo lo que el biólogo puede decirle es que el estudio de cómo opera el programa es el área más difícil de la biología. Por ejemplo, la traducción del programa genético a los procesos del crecimiento y a la diferenciación de las células, tejidos y órganos, es en la actualidad el problema más desafiante de la biología del desarrollo. El número de células cualitativamente diferentes en los organismos superiores, casi con seguridad, excede el billón.

A pesar de que todas (o la mayoría) tienen la misma dotación génica, difieren entre sí debido a diferencias en la represión y desrepresión de los *loci* génicos individuales y por las diferencias en sus respectivos ambientes celulares. Apenas hace falta recalcar lo complejo que debe ser el programa genético, para ser capaz de dar las señales apropiadas a cada linaje celular, con el propósito de proveerles con la mezcla de moléculas necesarias para realizar las tareas que le han sido asignadas.

Problemas similares surgen al analizar el comportamiento dirigido a un fin. El número de maneras en las que un programa puede controlar este tipo de comportamiento o actividad, es indeterminado. Varía de especie a especie. Algunas veces el programa es adquirido en gran parte por medio de la experiencia; en otros casos puede estar determinado genéticamente casi por completo. Otras veces el comportamiento consiste de una serie de pasos, cada uno de los cuales sirve como refuerzo para las etapas posteriores; y otras más, el comportamiento una vez iniciado, atraviesa el curso total de acontecimientos, sin necesidad de información ulterior. Los circuitos cerrados de retroalimentación son a veces importantes, pero su presencia no puede ser demostrada en otras categorías de comportamiento. Nuevamente, como en la biología del desarrollo, una buena parte de la investigación actual en la biología de la conducta, es dedicada a estudiar la naturaleza y la operación de los programas que controlan el comportamiento y más específicamente, las secuencias del comportamiento teleonómico (Hinde y Stevenson, 1970). Casi cualquier enunciado que uno pueda hacer es apto para ser combatido por alguien más o por la escuela alternativa de psicólogos y genetistas. Sin embargo, no es peligroso afirmar que la traducción de programas a la conducta teleonómica está afectada enormemente por la información sensorial de entrada y por los estados fisiológicos internos (en gran parte hormonales).

#### LOS SISTEMAS TELEOLÓGICOS

La palabra *teleológico* a menudo es combinada particularmente con el término *sistema* en la escritura filosófica. ¿Es razonable hablar de *sistemas teleológicos*? El análisis demuestra que esta unión conduce a problemas de definición.

La palabra griega *telos* significa fin u objetivo. Teleológico significa dirigido a un fin. Aplicar la palabra teleológico a un proceso o comportamiento dirigido a un fin parecería bastante legítimo. Tal vez soy un purista, pero me incomoda aplicar la palabra teleológico, que es *dirigido a un fin*, a un sistema estacionario. Cualquier fenómeno al que podamos



referirnos como teleomático o teleonómico, al tener un fin susceptible de ser determinado, representa un movimiento, un comportamiento o un proceso que se dirige hacia un objetivo. Este es el concepto esencial de lo teleológico, la presencia de un *telos* (un fin) hacia el cual se mueve un objeto o un proceso. Rosenblueth *et al.* (1943) ha señalado correctamente el mismo punto.

Ampliar el término "teleológico" para abarcar también a los sistemas estáticos conduce a ilogismos y contradicciones. Un torpedo que ha sido disparado y se mueve hacia su objetivo es una máquina mostrando un comportamiento teleonómico. Pero, ¿qué justifica llamar un sistema teleológico a un torpedo cuando, junto a muchos otros, es almacenado en un depósito de artillería? ¿Por qué debe ser llamado sistema teleológico el ojo de una persona dormida? No está dirigido hacia ningún objetivo. Parte de la confusión se debe a que el término sistema *teleológico* ha sido aplicado a dos tipos de fenómenos sobrelapados solo parcialmente. Uno comprende los sistemas que son potencialmente capaces de desempeñar acciones teleonómicas, como un torpedo. El otro comprende sistemas que están bien adaptados, como el ojo. En esta segunda clase, referirse a un fenómeno como "teleológico" con el propósito de expresar su perfección adaptativa, refleja justamente la antigua idea de la evolución conduciendo a una firme progresión en la adaptación y la perfección, para ponerme incómodo. ¿Cuál es el telos hacia el que se dirigen los sistemas teleológicos?

La fuente del conflicto parece ser esta direccionalidad hacia un objetivo, en un sentido más o menos exacto, no es lo mismo que intencionado. Los sistemas completamente estacionarios pueden ser funcionales o intencionados, pero no pueden estar dirigidos hacia un fin en ningún sentido literal. Un veneno en un anquel tiene el potencial de matar a alguien, pero esta propiedad inherente no lo hace un objeto orientado a un fin. Tal vez este problema pueda ser resuelto al distinguir terminológicamente las propiedades funcionales de los sistemas y la estricta direccionalidad hacia un fin, es decir, la teleonomía, de la conducta o de otros procesos. Sin embargo, puesto que uno estará usando el llamado lenguaje teleológico en ambos casos, se pueden incluir ambas categorías en la teleología.

R. Munson (1971) se ha ocupado de tales sistemas adaptativos. En particular, estudió todas aquellas explicaciones que tratan aspectos de la adaptación pero con frecuencia son denominadas *teleológicas*. Designó como "oraciones adaptacionales" a aquellas que incluyen los términos *adaptación*, *adaptativo* o *adaptado*. Acorde con la opinión mayoritaria de los biólogos, concluye que "las oraciones adaptacionales no necesitan incluir la referencia a algún propósito, causa final, o cualquier otra no-

ción empírica para ser intencionadas". Los enunciados adaptacionales simplemente expresan la conclusión de que un carácter dado, ya sea estructural, fisiológico o conductual, es el producto del proceso de la selección natural y por ello favorece la perpetuación del genotipo responsable de tal carácter. Además, la adaptación es un concepto heurístico porque demanda una respuesta a la cuestión de en qué manera el carácter aumenta la probabilidad de sobrevivencia y lo hace con mayor éxito que otro carácter alternativo imaginable. Para mí, es engañoso llamar teleológicas a las oraciones adaptacionales. "Adaptado" es una enunciación *a posteriori* y es solamente el éxito (estadísticamente hablando) del poseedor de una característica adaptativa, quien prueba si el carácter es realmente adaptativo (que contribuye a la sobrevivencia) o no. Munson (1971, p. 214) resume la utilidad del lenguaje adaptacional en la oración: "Demostrar que un carácter es adaptativo es presentar un fenómeno que requiere explicación, y proporcionar la explicación es poner de manifiesto el éxito del carácter como resultado de la selección". El biólogo concuerda totalmente con esta conclusión. Adaptativo significa sencillamente: ser el resultado de la selección natural.

Muchos sistemas adaptativos —por ejemplo, todos los componentes de los sistemas locomotor y nervioso central— son capaces de participar en los procesos o en la conducta teleonómica. No obstante, sólo es complicar las cosas, cuando uno designa a un sistema como teleológico o teleonómico porque proporciona estructuras ejecutoras. Una computadora no programada, inactiva, ¿es un sistema teleológico? ¿Qué "objetivo" o "fin" está desplegando durante este periodo de inactividad? Para repetir, uno se mete en serias dificultades de lógica cuando aplica el término *teleológico* a los sistemas estáticos (sin tomar en cuenta su potencial), en lugar de a los procesos. Nada está perdido y hay mucho por ganar al no utilizar el término "teleológico" tan libertinamente y para demasiados fenómenos que además son bastante diversos.

Puede ser necesario crear un término nuevo para los sistemas que tienen el potencial de desplegar un comportamiento teleonómico. El problema es especialmente agudo para los órganos biológicos que son capaces de llevar a cabo funciones útiles, tales como el bombeo de la sangre por el corazón, o la filtración por los riñones. En cierto grado este problema existe para cualquier estructura orgánica, en toda su variedad hasta llegar a las macromoléculas que, debido a su incomparable estructura característica, son capaces de realizar de manera autónoma ciertas funciones altamente específicas. Esto fue lo que indujo a Monod (1971) a denominarles sistemas teleonómicos. Consideraciones similares han inducido a algunos autores, erróneamente en mi opinión, a designar un martillo como un sistema teleológico, porque está diseñado para gol-

pear un clavo (una roca, no habiendo sido diseñada para ello, sirve sin embargo para la misma función no calificada).

La complejidad filosófica de la definición lógica de *teleológico* en los sistemas vivos, es obvia. Permítaseme considerar unas cuantas de las causas próximas y últimas (Mayr, 1961) para presentar más claramente algunas de las dificultades.

El funcionamiento de estos sistemas es el tema de estudio de la biología de la regulación, la cual analiza las causas próximas. Los sistemas biológicos son complicados sistemas de condiciones estables, repletos con dispositivos de retroalimentación. Hay una alta remuneración en la homeostasis, en la conservación del *milieu interieur*. Puesto que la mayoría de los procesos realizados por dichos sistemas están programados, es legítimo llamarlos procesos teleonómicos. Están "dirigidos a un fin", aun cuando éste sea con frecuencia el mantenimiento del *status quo*. No hay nada metafísico en esto porque, hasta donde tales procesos son accesibles al análisis, representan series de estímulos y reacciones causalmente relacionados entre sí, de entradas y salidas.

Las causas últimas de la eficiencia y aparente intencionalidad de estos sistemas vivos fueron explicadas por Darwin en 1859. La adaptabilidad de estos sistemas es el resultado de millones de generaciones de selección natural. Ésta es la explicación mecanicista de la adaptabilidad, como fue claramente expresado por Sigwart (1881).

Las causas próximas y las causas últimas deben ser cuidadosamente separadas en la discusión sobre los sistemas teleológicos (Mayr 1961). Un sistema es capaz de llevar a cabo procesos teleonómicos porque fue programado para funcionar de esta manera. El origen del programa que es responsable de la adaptabilidad del sistema, es un tema completamente distinto. Combinar en una sola explicación el funcionamiento en curso y la historia del origen, hace confusas las definiciones.

#### LA NATURALEZA HEURÍSTICA DEL LENGUAJE TELEONÓMICO

El lenguaje teleológico ha sido empleado en el pasado en muchos sentidos distintos, algunos de ellos legítimos y otros no. Cuando se hacen las distinciones esbozadas en mi examen anterior, el *Fragestellung* teleológico es una herramienta más poderosa en el análisis biológico. Su valor heurístico fue apreciado ya por Aristóteles y Galeno, pero ninguno de los dos comprendió del todo por qué es tan importante este enfoque. Las interrogantes que empiezan con "qué" y "cómo" son suficientes para la explicación en las ciencias físicas. En las ciencias biológicas ninguna explicación está completa hasta que un tercer tipo de pregunta haya sido

hecha: "por qué". La teoría evolutiva de Darwin necesita este cuestionamiento: generalmente, ni una sola característica (o programa conductual) de un organismo evoluciona a menos que esté favorecida por la selección natural. Debe desempeñar un papel en la sobrevivencia o en el éxito reproductivo de su poseedor. Aceptando esta premisa, para completar el análisis causal es necesario preguntar para cualquier característica, "por qué existe", es decir, cuál es su función y desempeño en la vida de un organismo particular.

El filósofo Sigwart (1881) reconoció esto llanamente:

Un estudio teleológico implica la exigencia de profundizar en todas y cada una de las causaciones mediante las cuales el propósito [de una estructura o comportamiento] es efectuado. Representa un principio heurístico porque cuando uno asume que cada organismo está bien adaptado, es preciso que preguntemos acerca de la operación de cada parte individual y que determinemos la significación de su forma, de su estructura y de sus características químicas. Al mismo tiempo, esto conduce a una explicación de las consecuencias subsidiarias correlacionadas que no necesariamente forman parte del mismo propósito pero son subproductos inevitables del mismo proceso dirigido a un fin.

El método, por supuesto, fue utilizado satisfactoriamente mucho antes de Darwin. La pregunta que Harvey se hiciera con respecto a la razón por la que existen válvulas en las venas, fue lo que hizo la mayor, si no es que la más importante, contribución a su modelo de la circulación sanguínea. La observación de que durante la mitosis el material cromático se organiza en una sola hebra lineal, llevó a Roux (1883) a cuestionar el por qué se había desarrollado evolutivamente un proceso tan complejo, en lugar de una simple división del núcleo en dos partes iguales. Concluyó que tan complicado proceso sólo tenía sentido si la cromatina consistiera de un enorme número de pequeñas partículas cualitativamente diferentes y si su división equitativa pudiera ser garantizada únicamente al colocarlas linealmente. Los estudios genéticos de la herencia cromosómica durante los 60 años posteriores fueron, hasta cierto punto, sólo "notas" para la brillante hipótesis de Roux. Estos casos demuestran de una manera más convincente el enorme valor heurístico del enfoque teleonómico. No es una exageración afirmar que los más grandes avances en biología fueron posibles al hacer preguntas con "por qué". Esto exige preguntar por la significación selectiva de cada aspecto del fenotipo. La vieja idea de que muchos, si no es que la mayoría de los caracteres de un organismo son "neutrales", es decir, que se desarrollaron simplemente como accidentes de la evolución, ha sido refutada una y otra vez mediante análisis más detallados. La cuestión de

el "por qué" de tales estructuras y comportamientos es lo que ha dado lugar a dichos análisis. Los estudiosos del comportamiento han utilizado con gran éxito este enfoque en los años recientes. Ha llevado, por ejemplo, a preguntas respecto al contenido informativo de la expresión vocal del individuo y de los despliegues visuales (Smith, 1969; Hinde, 1972).

En cuanto uno acepta la conclusión simple de que la totalidad del genotipo es el resultado de la selección que ha actuado durante mucho tiempo, y que el fenotipo es un producto del genotipo (excepto para las porciones abiertas del programa que son llenadas durante el tiempo de vida del individuo), se hace tarea de uno, el inquirir acerca de cuáles son las funciones particulares y ventajas adaptativas de todos y cada uno de los componentes del fenotipo.

Ahora es bastante evidente por qué tuvieron semejante fracaso todos los esfuerzos anteriores por traducir los enunciados teleonómicos a enunciados puramente causales: una parte esencial del mensaje de una oración teleológica se pierde en la transformación. Tomemos, por ejemplo la oración: "El zorzal de los bosques migra en el otoño hacia países más cálidos *a fin de* escapar de la inclemencia del tiempo y la escasez de alimentos propios de los climas del norte". Si reemplazamos las palabras "a fin de" por "y por ello", dejamos sin responder la pregunta importante, *por qué* migra el zorzal. La forma teleonómica del enunciado implica que la actividad migratoria orientada hacia un objetivo es regida por un programa. Al omitir este mensaje básico, la oración transmutada es empobrecida enormemente en cuanto a contenido, y sin ganar en fuerza causal. La mayoría de los filósofos contemporáneos están totalmente conscientes de esto y están de acuerdo en que las oraciones "depuradas" no son equivalentes a los enunciados teleológicos de los cuales se derivaron (Ayala, 1970; Beckner, 1969).

Uno puede ir un poco más allá. Los enunciados teleonómicos con frecuencia han sido difamados como despreciables y oscurantistas. Esto sencillamente no es verdad. En realidad la transformación a un lenguaje no teleológico es invariablemente una banalidad sin sentido, mientras que el enunciado teleológico es el que nos conduce a las preguntas biológicamente interesantes.

#### ARISTÓTELES Y LA TELEOLOGÍA

Ningún otro filósofo antiguo ha sido tan mal manejado y mal interpretado por la posteridad como Aristóteles. Sus intereses fueron esencialmente los de un biólogo y si este hecho es ignorado, su filosofía está des-

tinada a ser entendida en forma errónea. Ni Aristóteles ni la mayoría de los demás filósofos antiguos hicieron una distinción tajante entre el mundo vivo y el inanimado. Veían algo semejante a la vida o el alma aún en el mundo inorgánico. Si uno puede distinguir intencionalidad y direccionalidad hacia un fin en el mundo de los organismos, ¿por qué no considerar también el orden del Cosmos como un todo, como debido a causas finales, esto es, como debido a una teleología intrínseca? Como Ayala (1970) dijo correctamente, "el error de Aristóteles no fue utilizar las explicaciones teleológicas en biología, sino extender el concepto de la teleología al mundo no vivo".<sup>2</sup> Desafortunadamente, fue esta última teleología la que primero fue combatida durante la revolución científica de los siglos XVI y XVII (y además en las interpretaciones gravemente distorsionadas de los escolásticos). Esta es una de las razones del violento rechazo hacia Aristóteles por parte de Bacon, Descartes y sus seguidores.

Aunque los filósofos de los últimos 40 años agradecen, en general, la inspiración que Aristóteles derivó del estudio de la naturaleza viva, aún expresan su filosofía con palabras tomadas del vocabulario de los diccionarios griegos que tienen cientos de años. Parecería que el tiempo ha llegado en ayuda de los traductores e intérpretes de Aristóteles para que utilicen un lenguaje adecuado a su pensamiento, y éste es el lenguaje de la biología, y no el de los humanistas del siglo XVI. Delbrück (1971) está absolutamente en lo correcto al insistir en que es completamente legítimo emplear términos contemporáneos como *programa genético* en lugar de *eidos*, cuando esto ayude a dilucidar los pensamientos de Aristóteles. Una de las razones por las que Aristóteles ha sido tan consistentemente mal entendido es porque utiliza el término *eidos* para su principio de *dar forma*, y todos dan por hecho que tenía en mente algo similar al concepto platónico de *eidos*. Sin embargo, el contexto de las discusiones de Aristóteles hacen bastante obvio que su *eidos* es una cosa totalmente diferente del *eidos* de Platón (yo mismo no entendí esto hasta hace poco). Aristóteles vislumbró con extraordinaria claridad que tenía el mismo sentido describir a los organismos vivos en términos de mera materia que describir una casa como una pila de ladrillos y mortero. De la misma manera en que un plano utilizado por el constructor determina la forma de la casa, el *eidos* (en su definición aristotélica) da la forma al organismo en desarrollo, y su *eidos* refleja el *telos* terminal del adulto. Existen numerosas discusiones que reflejan las mismas ideas en muchos de los trabajos de Aristóteles. Pueden encontrarse en la *Analtica* y en la *Física* (tomo II), pero especialmente en las *Partes de los Animales* y en

<sup>2</sup> Para tratamientos más recientes de la teleología aristotélica, véase Nussbaum (1978); Sorabji (1980); Balme (1980); y sobre todo, Gotthelf (1976).

la *Generación de los Animales*. Una porción considerable de la discusión aristotélica se vuelve notablemente actual si uno inserta términos modernos para reemplazar el obsoleto vocabulario de los siglos XVI y XVII. Desde luego, hay una gran diferencia entre la interpretación aristotélica y la contemporánea. Aristóteles no pudo *ver* realmente el principio modelador de la forma (el cual, después de todo, no fue comprendido completamente hasta 1953) y por ello asumió que debía ser algo inmaterial. Cuando dijo: "Ahora bien, puede ser que el modelo (*eidos*) de cualquier criatura viva sea el alma, o alguna parte del alma, o algo que involucre al alma". Debe recordarse que el *psique* (alma) aristotélico era una cosa totalmente distinta de la concepción del alma desarrollada más tarde en la cristiandad. Efectivamente, las propiedades del "alma" fueron tema de investigación para Aristóteles. Puesto que los científicos modernos tampoco pueden "ver" realmente el programa genético del ADN, es para ellos exactamente tan invisible para todos los propósitos prácticos como lo fue para Aristóteles.

Como hace notar Delbrück (1971) correctamente, el principio aristotélico del *eidos* siendo una "fuerza motora inamovible" es una de las más grandes innovaciones conceptuales. Los físicos se opusieron particularmente a la existencia de un principio semejante

habiendo sido cegados durante 300 años por la visión newtoniana del mundo. Tanto así, que cualquiera que sostenía que la causa del movimiento tenía que estar en contacto con el móvil y hablara de "una fuerza motora inamovible", iba a estrellarse contra el postulado: *la acción es igual a la reacción*. Cualquier enunciado en conflicto con este axioma de la dinámica de Newton sólo podía parecer un confuso disparate, una reminiscencia de un pasado precientífico ignorante. Y no obstante, "la fuerza motora inamovible" describe perfectamente al ADN: actúa, crea forma y desarrollo, y no es modificado en el proceso [Delbrück, 1971, p. 55].

Como afirmaba más arriba, la existencia de programas telonómicos—fuerzas motoras inamovibles— es una de las diferencias más profundas entre el mundo de lo vivo y el mundo inanimado, y Aristóteles es el primero que postula tal causación.

#### KANT Y LA TELEOLOGÍA CÓSMICA

A partir de los griegos, hubo la creencia muy difundida de que cada cosa en la naturaleza y sus procesos tienen un propósito, un objetivo predefinido. Aquellos que mantenían esta convicción vieron sus ideas confirmadas no sólo en la *scala naturae* sino también en la completa unidad

y armonía de la naturaleza en sus múltiples adaptaciones. Aquellos que se oponían a semejante teleología, los mecanicistas estrictos, fueron sólo una pequeña minoría en los siglos XVII y XVIII y de hecho hasta 1859. Este punto de vista se volvió particularmente importante cuando en el siglo XVIII se reconoció que el mundo no había sido creado apenas 6 000 años atrás como algo perfecto, sino que había evolucionado gradualmente. Los deístas explicaron esto diciendo que Dios no sólo había creado el mundo sino que también le había dado una serie de leyes que regularían toda cosa que existiera en él, y que estas leyes, además, lo conducirían a una perfección constantemente mayor. En ningún otro sitio fue tan fuerte la creencia en esta teleología cósmica como en Alemania, desde Leibniz a Herder y Kant.

Kant era un mecanicista estricto con respecto a la naturaleza inanimada, pero visualizó fuerzas teleológicas actuando en todos los procesos del mundo vivo. Estoy seguro de que todos nosotros admiramos de manera unánime a Kant. Él fue uno de los grandes genios en la historia de la humanidad. Lo que yo admiro especialmente en Kant, es lo bien que se mantuvo al día con los avances en las ciencias, a pesar de su aislamiento en Königsberg. No obstante, su familiaridad con el trabajo de Buffon, Haller, Wolff y Blumenbach pudo llevarle exactamente tan lejos como estos autores habían ido. Con excepción de la solución de algunos problemas de fisiología y de una anatomía y una sistemática más bien primitivas, debe entenderse que la biología en el tiempo en que Kant escribió su *Crítica del juicio*, era virtualmente una total tierra ignota. El nacimiento de la biología científica corresponde al periodo comprendido entre 1828 y 1865 y se distingue por los nombres von Baer, Schwann, Schleiden, Liebig, Bernard, Virchow, Darwin y Mendel.

Cuando hoy en día un filósofo intenta refutar a Darwin citando las opiniones de Kant, esto no es menos anacrónico que alguien repudiando a Einstein, Bohr y Heisenberg porque sus teorías están en conflicto con las de Galileo y Newton. En tiempos de Kant, no estaba disponible prácticamente nada de la información necesaria para establecer una teoría de la evolución. Efectivamente, estoy convencido de que si él hubiera conocido todo lo que Darwin sabía en 1859, habría sido el primero en deducir las consecuencias inevitables, del mismo modo en que lo hizo Darwin.

El estado primitivo de la biología en los días de Kant hizo imposible aclarar el enigma de la naturaleza orgánica, sin embargo Kant no estuvo dispuesto a excluir la vida de su filosofía de la vida, aceptó provisionalmente una explicación teleológica. En esos tiempos, esa era quizás la única solución posible. Pero, cuando en la actualidad, 200 años después, un filósofo fundamenta en Kant su explicación de los fenómenos de la



vida y desprecia todo lo que hemos aprendido desde entonces, semejante anacronismo difícilmente puede ser perdonado.

El primer paso para un análisis moderno consiste en dividir los fenómenos aparentemente teleológicos en las cuatro clases que ya he descrito. Tres de las cuales, los procesos teleomáticos y teleonómicos así como los sistemas bien adaptados, pueden ser explicados científicamente, como se demostró anteriormente. Una cuarta categoría está formada por la teleología cósmica, es decir, por la creencia de que en el mundo hay una fuerza inmanente que lo guía hacia un objetivo final o al menos hacia una perfección creciente. En contraste con las otras tres formas de teleología, su existencia no puede ser documentada de ninguna forma. No se han encontrado leyes naturales que pudieran efectuar dicha teleología, ni tampoco un programa adecuado que fuera capaz de hacerlo, por esta razón, la teleología cósmica debe ser excluida de la ciencia. En efecto, no conozco un solo científico moderno que crea en ella.

Darwin había resuelto el gran enigma de Kant, quien "no se atrevió a soñar que un día nacería un Newton que podría explicar la producción de una brizna de hierba sobre la base de las leyes naturales que ningún propósito ha previamente ordenado". Naturalmente, aún hoy en día no podemos explicar el desarrollo orgánico sobre los fundamentos de las leyes puramente físicas, como fueron conocidas por Kant. Algunos filósofos se han negado a llamar a Darwin el Newton de la biología, con la observación de que ni siquiera un biólogo molecular podría "crear un poco de hierba". Cualquiera que pretenda esto olvida que Newton tampoco logró, hasta el final de su vida, "crear" soles y planetas. Todo lo que Kant exigía era la explicación y no la producción de los fenómenos naturales.

Desde la época de los filósofos griegos hasta mediados del siglo pasado, existió una controversia entre una explicación telológica del mundo y una explicación causal puramente mecánica. Unas veces una, otras veces la otra, parecían salir victoriosas. O bien, uno podía abordar el problema como lo había hecho Kant y ser un mecanicista estricto con respecto a la naturaleza inanimada, pero un teleologista en el tratamiento del mundo de la vida. Una de las razones por las que Darwin fue fuertemente atacado fue porque su teoría de la selección hizo innecesario creer en una teleología cósmica. Fue su firme confianza en la teleología lo que indujo a Karl Ernst von Baer y a otros contemporáneos de Darwin a combatirla tan furiosamente. En efecto, la creencia en una fuerza teleológica en la naturaleza estaba tan sólidamente afianzada en el pensamiento de muchos, que aún entre los evolucionistas esta idea tenía más seguidores en los 80 años posteriores a 1859, que los que tenía la teoría darwiniana de la selección.

Como Max Delbrück ha destacado con toda justicia, los fenómenos teleonómicos y adaptacionales tienen una historia y no pueden ser explicados directamente con una explicación causal estrictamente mecánica, como es posible hacerlo para los procesos en la naturaleza inanimada.

Una comparación de la discusión de Kant con los conceptos actuales, proporciona una idea más informativa sobre el papel de los avances científicos en la formulación de los problemas filosóficos. Igualmente informativa es una confrontación de los tres tratamientos de la teleología de Kant, separados aproximadamente por intervalos de 50 años (Stadler, 1874; Ungerer, 1922; y McFarland, 1970).

### CONCLUSIONES

1) Es legítimo que los biólogos usen el llamado lenguaje teleológico; no implica una explicación no causal, ni la exclusión de la explicación fisiocósmica.

2) Los términos *teleología* y *teleológico* han sido aplicados a fenómenos muy diversos. El autor ha intentado agruparlos en clases más o menos homogéneas.

3) No es legítimo describir las tendencias o los procesos evolutivos como orientados a un propósito (como teleológicos). La selección premia los fenómenos pasados (mutación, recombinación, etc.), pero no planea el futuro, al menos no de una manera específica.

4) Los procesos (comportamientos) cuya direccionalidad está controlada por un programa pueden ser referidos como *teleonómicos*.

5) Los procesos que alcanzan un estado final causado por las leyes naturales (e.g., gravedad, primera ley de la termodinámica) pero no por un programa, pueden ser designados como *teleomáticos*.

6) Los programas son, en parte o totalmente, el producto de la selección natural.

7) El problema de la legitimidad de aplicar el término *teleológico* a los sistemas estacionarios funcionales o a los sistemas adaptativos requiere seguir en estudio.

8) El comportamiento teleonómico (es decir, programado) ocurre solamente en los organismos (y en las máquinas fabricadas por el hombre) y constituye una diferencia tajante en niveles de complejidad entre la naturaleza viva y la inanimada.

9) Las explicaciones teleonómicas son estrictamente causales y mecanicistas. No alientan a seguidores de conceptos vitalistas.

10) El valor heurístico del *Fragestellung* teleológico lo hace una herramienta poderosa en la investigación biológica, en el estudio de la confi-

guración estructural de las macromoléculas hasta el estudio de la conducta cooperativa en los sistemas sociales.

#### COMENTARIO

Desde que este ensayo fuera publicado por primera vez (1974) han existido numerosos adelantos en el análisis del significado de *teleológico*. No trataré de todos esos libros y artículos puramente filosóficos, en los que sus cuatro connotaciones están todavía divertidamente mezcladas. En lugar de esto, llamaré la atención hacia dos aspectos del problema que requieren ser comentados.

Aristóteles ha sido tradicionalmente mal interpretado como un expositor de la teleología cósmica. Los estudiosos contemporáneos de Aristóteles están de acuerdo en que no lo fue (Gotthel, 1976; Nusbaum, 1978; Sorabji, 1980; Balme, 1981). Como Delbrück (1971) lo ha comprendido ya, el concepto aristotélico del *eidos*, en el contexto del desarrollo ontogénético, es en algunas consideraciones notablemente parecido al concepto actual del programa genético. Lo que las historias clásicas de la filosofía escriben acerca de la teleología de Aristóteles es desafortunadamente erróneo en su mayor parte y debe ser ignorado. Yo mismo interpreté incorrectamente a Aristóteles antes de conocer las publicaciones recientes.

El otro aspecto a discutir es la reacción de un filósofo hacia mi uso del concepto de *programa*. En 1977, Ernest Nagel, distinguido filósofo de la Universidad de Columbia, publicó un ensayo, "Teleología reexaminada: procesos dirigidos a un objetivo en biología", la primera parte del cual consistió de una crítica más bien adversa a mi tratamiento de la teleología.

No es sorprendente. Nagel cuestionó específicamente aquellas de mis proposiciones que consideró en conflicto con la tradición lógico-positivista. Este no es el lugar para un estudio detallado de las críticas y propuestas de Nagel, particularmente porque ambos concordamos en un total rechazo a la teleología cósmica y a las explicaciones no empíricas. Él está preocupado por la predictibilidad de las explicaciones teleonómicas y la estructura lógica de las oraciones utilizadas por los biólogos evolutivos. Más que nada, sin embargo, Nagel, quien fue tal vez el reduccionista más consistente entre los filósofos contemporáneos, desaprobaba el concepto de *programa*. Encuentra inaceptable mi definición de programa, porque los programas genéticos evolucionados históricamente no existen en el mundo inanimado. Este reconocimiento concederá automáticamente que no todos los fenómenos biológicos pueden ser reducidos (sin remanentes) a procesos físicos.

Con el fin de invalidar el postulado de que los programas, como yo los definí, son una propiedad especial del mundo vivo, Nagel intenta demostrar la existencia de programas en el mundo inorgánico. Sugiere que el decaimiento radioactivo de un pedazo de uranio podría ser considerado como si estuviera controlado por un programa. Esta afirmación es sencillamente errónea. El decaimiento radioactivo es controlado por leyes y no por ningún programa particular; obedece las mismas leyes en cualquier tiempo y en cualquier sitio. Los programas son altamente específicos y con frecuencia únicos. La importancia del concepto de *programa* está siendo reconocida de manera creciente. Me refiero especialmente a Beniger (1986).

El propósito de mi examen (véase más arriba) ha sido demostrar que dicho agregado heterogéneo de fenómenos, como fue discutido por los filósofos con el sello de "teleológico", nunca podría ser dilucidado simplemente por medio del análisis lógico, como lo han intentado muchos de ellos (incluyendo a Nagel, 1961). El primer paso en mi análisis fue separar estos fenómenos y procesos en clases homogéneas. Reconocí cuatro clases, tres de las cuales tenían una sólida base empírica. En contraste, no hay prueba de la existencia de la cuarta, la teleología cósmica, como ya había sido demostrado por Darwin. Una de las clases anteriores, la de los procesos teleomáticos (véase más arriba), no es de un interés especial para los filósofos de la biología.

Nagel está de acuerdo con el biólogo de que esto deja dos clases de fenómenos en el dominio biológico al que ha sido aplicado: el término *teleológico*, es decir, las actividades dirigidas a un fin, llamadas teleonómicas por mí, y las *actividades funcionales* de órganos y estructuras que yo denominé como actividades de los sistemas adaptados. Desafortunadamente, en su apreciación, con frecuencia confunde las dos, lo cual lo deja a veces profundamente intrigado. Se refiere al "propósito" de ciertos tejidos endocrinos para mantener los niveles de glucosa sanguínea y a la "función" de los riñones para eliminar los productos de desecho de la sangre. En realidad los dos procesos son equivalentes, y puesto que los tejidos endocrinos son "sistemas" no tienen ningún propósito. En su evaluación del fin que tiene el que un conejo huya de un sabueso, se confunde desesperadamente y termina con el enunciado: "La sobrevivencia en sí no parece tener ninguna función". Esto ignora que tanto en el programa genético como en el somático de los conejos, existen numerosos subprogramas que tratan de frustrar los ataques de los depredadores. Y si esto no tuviera ningún valor de sobrevivencia, su origen no habría sido favorecido por la selección natural.

Los argumentos de Nagel están basados en gran parte en los principios de la "concepción heredada". Es reactio a aceptar los programas

hasta que no hayan sido reducidos completamente a "los componentes y estructuras de las moléculas de ADN". Para él, como lógico, por ejemplo, al parecer es importante si en la explicación aparecen o no las palabras *orientado a un fin*. Él está tratando por todos los medios de eludir la adopción del concepto de *programa*, porque al evitarlo "las explicaciones de los procesos dirigidos a un fin en biología son posibles en principio, su estructura es semejante a la de las explicaciones en las ciencias físicas, en las que las nociones teleológicas no tienen lugar". En otras palabras, Nagel traduciría la oración "La tortuga nada hasta la playa para ovipositar" a la oración, "La tortuga nada hasta la playa y oviposita". Entonces estaríamos de regreso precisamente al punto en el que se encontraba Pittendrigh (1958) cuando introdujo el término *teleonómico* con el propósito de restituir su intención a un enunciado que biológicamente carece de significado.

Al final Nagel, pesarosa pero honestamente, llega a la conclusión de que "ninguna de estas conclusiones respecto al carácter de las explicaciones de los atributos de los objetivos y de las funciones, demuestra que las leyes y teorías de la biología sean reducibles a aquellas de las ciencias físicas" (Nagel, 1977, p. 300). También está de acuerdo con los biólogos no vitalistas, desde Aristóteles hasta el presente, "que los conceptos y explicaciones teleológicas [excepto la teleología cósmica, E.M.] no constituyen especies de construcciones intelectuales que son inherentemente oscuras y por tanto deben ser consideradas con recelo" (Nagel, 1977, p. 301).

Recientemente ha habido un avance en mi pensamiento que puede facilitar en cierto grado el acercamiento entre los filósofos tradicionales y los contemporáneos biólogos evolucionistas. Trata sobre las propiedades de los programas. Distinguí dos tipos de programas, los *cerrados*, que están completamente codificados en el ADN del genotipo, y los *abiertos* que pueden incorporar información adicional. Aunque esta clasificación es útil para determinados propósitos, particularmente para discriminar entre conductas innatas y aprendidas, fracasa en satisfacer las necesidades de muchas explicaciones en la biología del desarrollo. Aquí, es más informativo hablar de programas *genéticos* y *somáticos*. Por ejemplo, cuando un pavo se exhibe ante una hembra, sus movimientos no son controlados directamente por el ADN en sus núcleos celulares, sino más bien por un programa somático en su sistema nervioso central. Para asegurarlo, este programa neuronal fue puesto durante el desarrollo bajo el control de instrucciones del programa genético. Pero ahora es un programa somático independiente.

Todos los sistemas adaptados de un organismo pueden ser considerados como somáticos. Si esto fuera aceptado, entonces uno podría llamar

actividades teleonómicas a las actividades funcionales de los sistemas adaptados.

El reconocimiento de programas somáticos es importante en la biología del comportamiento, pero lo es más aún, en la embriología, en la que muchas estructuras larvales o embrionarias parecen servir como programas somáticos para las etapas posteriores del desarrollo. Esto ha sido entendido por los embriólogos desde Kleinenberg (1886) y probablemente antes. La mayoría de las estructuras embrionarias que han sido citadas como evidencia de la recapitulación, por ejemplo los arcos branquiales de los embriones de tetrápodos, son presumiblemente programas somáticos. No pueden ser eliminados por la selección natural sin interferir seriamente en el desarrollo subsecuente.

La aceptación del término *programa* tomado de la informática no es antropomorfismo. Hay una equivalencia estricta del "programa" del teórico de la información y los programas genéticos y somáticos del biólogo.

Estoy bastante sorprendido al observar que la refutación de mis ideas por parte de Nagel ha sido citada con aprobación en varios artículos recientes en revistas filosóficas, si bien ninguno de estos filósofos se ha bajado a discutir o siquiera a enlistar el trabajo del biólogo que Nagel había criticado.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, F. J. (1970), "Teleological Explanations in Evolutionary Biology", *Phil. Sci.* 37, pp. 1-5.
- Baer, K. E. von (1876), "Über den Zweck in den Vorgängen der Natur", *Studien aus der Geschichte der Naturwissenschaften*, St. Petersburg: H. Schmitzdorf, San Petesburgo, pp. 49-105; 170-234.
- Balme, D. M. (1980), "Aristotle's biology was not essentialist", *Arch. Gesh. Phil.* 62, pp. 1-12.
- Beckner, M. (1969), "Function and Teleology", *J. His. Biol.* 2, pp. 151-164.
- Beniger, J. R. (1986), *The Control Revolution*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- Bergson, H. (1907), *Evolution Créative*, París, Alcan.
- Braithwaite, R. D. (1951), *Scientific Explanation*, Cambridge, Cambridge University Press (también en Canfield 1966, pp. 27-47).
- Canfield, J. V. (comp.) (1966), *Purpose in Nature*, Nueva Jersey, Prentice-Hall.
- Craig, W. (1918), "Appetites and Aversions as Constituents of Instincts", *Biol. Bull.* 34, pp. 91-107.
- Davis, B. D. (1961), "The Teleonomic Significance of Biosynthetic Control Mechanisms", *Simposios del Puerto de Cold Spring* 26, pp. 1-10.

- Delbrück, M. (1971), "Aristotle-totle-totle", en J. Monod y E. Borek, (comps.), *Of Microbes and Life*, Nueva York, Columbia University Press.
- Driesch, H. (1909), *Philosophie des Organischen*, Leipzig, Quelle und Meyer.
- Gotthelf, A. (1976), "Aristotle's Conception of Final Causality", *Rev. Metaphysics* 30, pp. 226-254.
- Hinde, R. A. (comp.) (1972), *Non-Verbal Communication*, Cambridge, Cambridge University Press.
- , y J. G. Stevenson, (1970), "Goals and Response Controls", en L. R. Aronson *et al.* (comps.), *Development and Evolution of Behavior*, San Francisco, Freeman.
- Hull, D. (1973), *Philosophy of Biological Science*, Foundations of Philosophy Series, Nueva Jersey, Prentice-Hall.
- Kant, I. (1790), *Kritik der Urteilskraft*, Zweiter Teil.
- Kleinenberg, N. (1886), *Über die Entwicklung durch Substitution von Organen*. *Zeitschr. wiss. Zoologie*, pp. 212-224, Leipzig, Engelmann.
- Lagerspetz, K. (1959), "Teleological Explanations and Terms in Biology", *Ann. Zool. Soc. Vanamo* 19, pp. 1-73.
- Lehman, H. (1965), "Functional Explanation in Biology", *Phil. Sci.* 32, pp. 1-20.
- Lovejoy, A. O. (1936), *The Great Chain of Being*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- MacLeod, R. B. (1957), "Teleology and Theory of Human Behavior", *Science* 125, pp. 477.
- Mainx, F. (1955), *Foundations of Biology*, Foundations of the Unity of Science 1(9), pp. 1-86.
- Mayr, E. (1964), "The Evolution of Living Systems", *Proc. Nat. Acad. Sci.* 51, pp. 934-941.
- McFarland, J. D. (1970), *Kant's Concept of Teleology*, Edimburgo, University of Edinburgh Press.
- Monod, J. (1971), *Chance and Necessity*, Nueva York, Knopf.
- Munson, R. (1971), *Biological Adaptation*, *Phil. Sci.* 38, pp. 200-215.
- Nagel, E. (1961), "The Structure of Teleological Explanations", en *The Structure of Science*, Harcourt, Brace and World.
- (1977), "Teleology Revisited: Goal Directed Processes in Biology", *J. Phil.* 74, pp. 261-301.
- Nussbaum, M. C. (1978), *Aristotle's De Motu Animalium*, Princeton University Press.
- Pittendrigh, C. S. (1958), "Adaptation, Natural Selection and Behavior", en Roe y Simpson (1958), pp. 390-416.
- Raven, C. P. (1960), "The Formalization of Finality", *Folia Biotheoretica* 5, pp. 1-27.

- Roe, A., y G. G. Simpson (comps.) (1958), *Behavior and Evolution*, New Haven, Yale University Press.
- Rosenblueth, H., N. Wiener y J. Bigelow (1943), "Behavior, Purpose, and Teleology", *Phil. Sci.* 10, pp. 18-24 (también en Canfield, 1966, pp. 6-16).
- Roux, W. (1883), *Über die Bedeutung der Kerntheilungsfiguren. Eine hypothetische Erörterung*, Leipzig.
- Sigwart, C. (1881), *Der Kampf gegen den Zweck*, Kleine Schriften, 2. Freiburg, Mohr.
- Simpson, G. G. (1949), *The Meaning of Evolution: A Study of the History of Life and of Its Significance for Man*, New Haven, Yale University Press.
- Smith, W. John (1969), "Messages of Vertebrate Communication", *Science* 165, pp. 145-150.
- Sorabji, R. (1980), *Necessity, Cause, and Blame: Perspectives on Aristotle's Theory*, Ithaca, Cornell University Press.
- Sommerhoff, G. (1950), *Analytical Biology*, Londres, Oxford University Press.
- Stadler, H. (1874), *Kant's Teleologie und Ihre Erkenntnistheoretische Bedeutung*, F. Dummler.
- Taylor, R. (1950), "Comments on a Mechanistic Conception of Purposefulness", *Phil. Sci.* 17, pp. 310-317 (también en Canfield, 1966, pp. 17-26).
- Teilhard de Chardin, P. (1955), *Le Phénomène Humain*, Paris, Editions de Seuil.
- Theiler, W. (1925), *Zur Geschichte der Teleologischen Naturbetrachtung bis Aristoteles*, Zurich und Leipzig.
- Ungerer, E. (1922), *Die Teleologie Kants und ihre Bedeutung für die Logik der Biologie*, Berlin, Bornträger.
- Waddington, C. H. (1957), *The Strategy of the Genes*, Londres, Allen y Unwin.
- (1968), *Towards a Theoretical Biology I.*, Edimburgo, Edinburgh University Press.
- Weismann, A. (1909), "The Selection Theory", en A. C. Seward, (comp.), *Darwin and Modern Science*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Wimsatt, W. C. (1972), "Teleology and the Logical Structure of Function Statements", *Stud. Hist. Phil. Sci.* 3, pp. 1-80.



## XXIII. FUNCIÓN Y TELEOLOGÍA

MORTON BECKNER

### INTRODUCCIÓN

AL TRATAR de decidir si la teleología es algo bueno, malo o indiferente para las ciencias, los filósofos han tendido a enfocarse en esos tres tipos de casos. Éstos se ejemplifican en los siguientes paradigmas:

1) La función del corazón es bombear la sangre (llámese a esto una *aseveración funcional*).

2) La finalidad de la rata es alcanzar la comida que está al final del laberinto (*aseveración de fines*).

3) Jones intenta retirarse temprano trabajando duro (*aseveración intencional*).

Algunas veces estos tipos de casos se confunden, aunque deberfan distinguirse claramente. De forma breve y general se pueden describir algunas diferencias y conexiones importantes de la siguiente manera.

### *Función*

Las aseveraciones funcionales describen el papel que desempeña una parte o un proceso en las actividades de un sistema más grande e inclusivo. Ejemplos comunes son las aseveraciones acerca del papel de los órganos, tejidos, partes celulares, procesos celulares, etc., en el crecimiento, regulación, mantenimiento y reproducción de los organismos. También pueden asignarse funciones a las partes de artefactos, especialmente de objetos tales como máquinas, piezas de mobiliario, y otros. En estos casos con anterioridad identificamos un sistema  $S$  y una actividad  $\phi$ , de modo tal que se pueda decir que la totalidad de  $S$  efectúa  $\phi$ ; y las funciones se asignan entonces a las partes  $P$  de  $S$  o a las actividades  $\phi'$  de  $P$ , solamente si  $\phi'$  o  $P$  contribuyen a la acción de  $S$ . En general, la función es siempre una función en un sistema *completo*.

### *Finalidades e intenciones*

Asignamos finalidades a las personas cada vez que les asignamos intenciones; de hecho, cualquier cosa que sea descriptible como una intención

es también descriptible como una finalidad. Pero no todos las finalidades son intencionales —o por lo menos es lo que se sostiene comúnmente—. Por ejemplo, podríamos reconocer (con Sartre) que la finalidad de una persona es llegar a ser Dios, pero no que tiene la *intención* de llegar a serlo. Otro tipo de caso: podemos decir que la finalidad de la rata es alcanzar la comida, pero no que ésta tiene intenciones. Finalmente, podemos decir que un sistema autorregulable, tal como un misil autodirigible, tiene una finalidad, pero no intenciones.

Estos ejemplos podrían parecer dudosos. Creo que los conceptos de "finalidad" e "intención", tal y como los usamos, dejan espacio a la duda; no existen argumentos completamente convincentes que establezcan la posibilidad de tener finalidades sin tener intenciones. Se puede sostener que las ratas y los misiles no tienen intenciones, pero que tampoco tienen finalidades; o que las ratas y las personas de hecho tienen finalidades, pero que también tienen las correspondientes intenciones.

Muchos filósofos han eludido este punto introduciendo un concepto técnico de "finalidad" que asegura su existencia en casos como el de la rata y el misil. La aplicación del concepto técnico se define de tal modo que deja abierta la cuestión de la intención. Su introducción se guía, sin embargo, por el examen de paradigmas seleccionados, es decir, casos que 1) involucran intención, y también 2) que existen ciertos "signos de comportamiento" dirigido. Los conceptos técnicos de "finalidad", "dirigido a fines", "búsqueda de fines", "correlación directiva" (Sommerhoff, 1950) y "organización directiva" (Nagel, 1961) se presentan, de manera obvia, al considerar los signos del comportamiento y/o algunas características muy generales de la organización de un sistema que las podría exhibir. Un ejemplo de tal paradigma sería el de un hombre tratando de llegar a un destino enfrentando una serie de obstáculos. Los autores difieren en los detalles de sus descripciones de los signos de comportamiento, pero tienen en común alguna referencia a la persistencia y al rango de variación en la disposición de los obstáculos bajo los cuales la finalidad aún tiende a ser alcanzada. De nuevo, existen diferencias de detalle en las descripciones de los sistemas orientados-a-fines, pero éstas tienen en común 1) alguna referencia al poder del sistema para compensar los cambios ambientales que podrían impedir el progreso del sistema hacia la finalidad, y 2) alguna referencia a la independencia de las variables que definen el sistema y su ambiente. Pienso que Sommerhoff fue el primero que vio la necesidad de esta última referencia, excluyendo varios casos indeseables. Si las condiciones 1 y 2 se satisfacen, el sistema es autorregulable mediante retroalimentación.

Uno de los objetivos de introducir semejante concepto es aportar casos de búsqueda-de-fines que no sean intencionados. El análisis se apli-

ca a la rata en el laberinto, al misil autodirigible y a una larga lista de otros casos biológicos y tecnológicos.

### *Finalidades y funciones*

En casos biológicos típicos, alcanzar una finalidad (en el sentido antes mencionado) cumple una función en el sistema. Supóngase, por ejemplo, que el movimiento de la mosca acuática, *Daphnea*, hacia la superficie, está dirigida-a-fines y este movimiento también sirve a la función de la respiración en *Daphnea*. De manera general, podemos decir que cualquier maquinaria biológica capaz de una actividad dirigida-a-fines es (o en un tiempo fue) también capaz de realizar alguna función u otra. Pero es fácil imaginar casos de direccionalidad-a-fines que no tengan funciones. Podríamos, por ejemplo, construir un mecanismo ingenioso, regulado por retroalimentación, que bombeara el agua de mar hacia afuera y luego hacia dentro del mar a una tasa constante. La actividad de la máquina sería dirigida a fines, pero la realización de la finalidad no tendría ninguna función (por supuesto, las partes de la máquina servirían a la función de bombear el agua marina). Pienso que muchos casos de búsqueda de fines humanos caen en esta categoría.

Más aún, existen procesos que cumplen funciones sin estar dirigidos a fines. El reflejo del parpadeo es un ejemplo. Así, existe una clara distinción entre las actividades que cumplen funciones y las actividades que son, en el sentido técnico, dirigidas-a-fines. Cuestionar este punto sería, pienso yo, quijotesco. Insistir en que la función de cualquier actividad que tiene una función es al mismo tiempo su finalidad, no nos llevaría más que a rechazar la terminología técnica.

Existe un sentido, difícil de precisar, en el cual las funciones deben cumplirse, mientras que las finalidades no necesitan ser alcanzadas. Supóngase que las personas estuvieran intentando constantemente alcanzar la luna escalando laderas. No hay objeción en decir que su finalidad es alcanzar la luna aunque se indique que nunca lo lograrán de esa manera. Pero, indicar que el cerebro no enfría la sangre es una objeción concluyente al enunciado "la función del cerebro es enfriar la sangre". Este punto es complicado, sin embargo, por las siguientes dos consideraciones:

1) En el caso de la actividad ostensiblemente no intencional, no podríamos identificar algo así como la *finalidad*, por ejemplo, de un organismo, a menos que fuera algo que los organismos de ese mismo tipo logran ocasionalmente.

2) En ocasiones decimos que algo tiene una función, pero no la está

realizando (o la está realizando escasamente). Por ejemplo, si mi corazón deja de bombear sangre, no por ello pierde su función. De modo que no es estrictamente verdadero que si  $\phi$  es una función de  $P$ , entonces  $P$  contribuye a  $\phi$ . Lo que sigue, en cambio, es verdadero: si los miembros de la clase  $P$  nunca  $\phi$ , entonces  $\phi$  no es una función de  $P$ .

Así, rápidamente aplicamos el vocabulario del éxito y el fracaso a las dos actividades dirigidas a fines y a las funciones.

### *Funciones, finalidades e intenciones*

Estos tres conceptos comparten la siguiente característica: acerca de lo intencional, lo dirigido-a-fines y las actividades funcionales, se puede decir que se llevan a cabo "con el objeto de" algo y con "el objetivo de" hacer algo.

Considérense los siguientes enunciados: 1) El corazón late para bombear sangre (con el objeto de bombear sangre). 2) La rata olfatea el laberinto con objeto de alcanzar comida. 3) Jones trabaja duro para jubilarse pronto. Pienso (y no todo el mundo estaría de acuerdo) que todas estas afirmaciones son ocasionadas por las correspondientes atribuciones de función, finalidad e intención y son, en su caso, verdaderas. No sólo 1 y 2 podrían ser verdaderas; sino que más allá de presuponer una teología o una metafísica desacreditada, tienen usos científicos importantes. Uno de los objetivos de este artículo es aclarar estos usos.

### ATRIBUCIONES FUNCIONALES

El objetivo de esta sección es mostrar el significado de las atribuciones funcionales; me centraré en enunciados de la forma "Una función de  $P$  (o de  $\phi$ ) es  $\phi$ ", aunque obviamente las funciones pueden ser adscritas en una variedad de vocabularios alternativos.

Dividiré las atribuciones funcionales en tres clases; mis ejemplos de trabajo, uno de cada clase, son los siguientes:

1 ( $FA_1$ ): "Una función del corazón es bombear sangre"

2 ( $FA_2$ ): "Una función del corazón es producir sonidos cardiacos"

3 ( $FA_3$ ): "Una función de la Tierra es interceptar los meteoritos que pasan".

$FA_1$  es claramente verdadera. El corazón tiene muchas funciones que conocemos (algunas de éstas son la distribución de oxígeno, remover desechos, etc.) y, sin duda, algunas de las que no sabemos nada; pero bombear sangre ciertamente es una de sus funciones.

$FA_2$  es con toda probabilidad falsa. El corazón produce sonidos cardiacos; la producción de sonidos cardiacos es incluso una condición necesaria del bombeo de sangre del corazón. Pero no es una de sus funciones.

En el caso de  $FA_3$ , algo ha ido mal. En efecto, la Tierra intercepta meteoritos, pero muy poca gente, si es que alguna, estaría dispuesta a afirmar que ésta es una de sus funciones. ¿Es entonces falsa  $FA_3$ ? Algunos sostendrían que sí, sobre la base de que la intercepción de meteoritos no es una función de la Tierra. Otros dirían que no es que  $FA_3$  sea falsa, sino que de alguna manera es inapropiada —que es superflua, o sin sentido, o que involucra un error de categorías—. No pienso que se obtenga mucho de esta diferencia. Si  $FA_3$  es vista como falsa, tenemos que distinguir dos maneras en las que las atribuciones funcionales pueden ser falsas, esto es, entre  $FA_2$  y  $FA_3$ . Llamaré al tercer tipo de caso “inapropiado”. El lector puede darse el gusto de decidir por sí mismo si las atribuciones funcionales inapropiadas son también falsas.

En el análisis de enunciados de la forma “Una función de  $P$  es  $\phi$ ”, podemos distinguir dos preguntas: 1) si suponemos que una atribución funcional es apropiada, ¿cuál es la relación entre  $P$  y  $\phi$ ? y 2) ¿Qué distingue aquellas atribuciones apropiadas de aquellas que no lo son?

Consideremos primero la cuestión 1. Una respuesta es que  $P$ , o una actividad  $\phi'$  de  $P$ , es una condición necesaria (o quizás necesaria y suficiente) de  $\phi$ . Por ejemplo, podría decirse que “una función del latido del corazón es bombear la sangre” quiere decir que “el latido del corazón es una condición necesaria del bombeo de sangre”.

Esta respuesta puede darse como una primera aproximación, en vista de dos dificultades. La primera, es que si el latido del corazón es necesario para bombear la sangre, entonces también lo son los sonidos del corazón, ya que los latidos del corazón son una condición suficiente (si hacemos a un lado aspectos no esenciales) de los sonidos del corazón. Así, si no hay sonidos, no hay bombeo de sangre. Sin embargo, aunque los sonidos del corazón no tienen la función de bombear la sangre. Nos comprometeríamos con ello si la atribución fuera apropiada. Más aún, dado que los latidos del corazón son suficientes para que suene el corazón, nos comprometemos con la conclusión de que una función del corazón es producir sonidos. Esto es falso. De manera clara, en este caso la dificultad descansa en el hecho de que los sonidos son un producto accidental de los latidos del corazón, y no son parte del bombeo de la sangre. No deberíamos decir que  $P$  y  $\phi'$  tienen a  $\phi$  como su función a menos que fueran, en algún sentido, parte de la causa de  $\phi$ . La dificultad de este caso está estrechamente relacionada con las famosas dificultades asociadas con los intentos para analizar la relación causal en términos de las relaciones de condiciones necesarias y suficientes.

El segundo tipo de problema es el siguiente. Si bien una función del corazón es bombear la sangre, el corazón no es realmente necesario para bombear sangre. Al menos no lo es, si por "corazón" se entiende el órgano de cámaras musculares que usualmente designamos con este término. Por ejemplo, la sangre puede ser bombeada por una máquina. Ésta podría parecer una objeción trivial. Podría sugerirse (como lo hace Nagel) que dado que una función de  $P$  es siempre una función en un sistema  $S$ , la clase relevante de  $S$ 's en los que una  $P$  tiene una función se puede restringir de tal modo que excluya casos como el de las máquinas bombeadoras de sangre. Quizás esto podría hacerse, pero no creo que se haya descrito con éxito un método general para excluir estos casos. Y si este método tuviera que funcionar con el ejemplo del corazón todavía tendríamos un problema. Comúnmente los organismos tienen medios alternativos para llevar a cabo la misma función. Mi riñón derecho excreta urea pero, si está dañado, lo hace el izquierdo; de modo que mi riñón derecho no es necesario para excretar urea, aunque esa sea una de sus funciones. Sudar ayuda a regular la temperatura, pero si pierdo la habilidad de sudar, la puedo regular jadeando y eligiendo un comportamiento correcto. Y existen además todos los casos en los que decimos que  $P$  o  $\phi'$  tienen la función  $\phi$ , cuando  $P$  o  $\phi'$  no hacen más que incrementar la probabilidad de  $\phi$  en ciertas circunstancias (que quizás son raras).

No obstante, existe un elemento de verdad en la perspectiva de la "condición necesaria". Este elemento se extrae en la siguiente formulación, que también escapa al segundo tipo de dificultades (véase más adelante para una manera de salir del primer tipo de dificultades). La sostengo sólo para las actividades de partes de  $S$ ; y con cambios menores, que son obvios, también para las partes de  $S$ .

Partiendo de que la atribución funcional sea apropiada, entonces "A función de  $\phi'$  en  $S$  es  $\phi$ " es verdadera si, y sólo si, existen regularmente estados de  $S$  y de su ambiente en los que  $\psi'$  ocurre y en los que la ocurrencia de  $\phi'$  causa un incremento en la probabilidad de la ocurrencia de  $\phi$ . En estas circunstancias podemos decir que  $\phi'$  "contribuye a" la realización de  $\phi$ .

Ahora debemos volver a la cuestión de qué es lo que hace que  $FA_3$  sea inapropiada, mientras que  $FA_2$  es apropiada pero meramente falsa. Me parece que todos los filósofos que han atacado esta cuestión han pensado que la respuesta debe encontrarse en alguna diferencia entre, por ejemplo, los cuerpos de los vertebrados y los sistemas solares. Todas las atribuciones funcionales, en esta perspectiva, presuponen (o sostienen implícitamente) que el sistema en cuestión tiene ciertas propiedades de las que carecen los sistemas físicos y químicos. Nagel, por ejemplo, sugiere que la atribución funcional "presupone" que "el sistema en consi-

deración... está organizado con una dirección". (Nagel define "organización con dirección" con mucho cuidado; en cambio, yo no he indicado en la Introducción más allá de lo que necesitamos para mis argumentos subsecuentes). Esta sugerencia funciona para  $FA_2$  y  $FA_3$ : los organismos con corazón ciertamente están organizados con una dirección, mientras que el sistema solar no. Así pues, la presuposición necesaria está ausente en el caso de  $FA_3$ .

Sin embargo esta sugerencia tiene dificultades. La primera es que comúnmente atribuimos funciones a las partes de las máquinas y de otros artefactos. Estos sistemas no son, o no necesitan ser, organizados con una dirección. La segunda es que la relación funcional, ya sea como la defino yo o Nagel, puede estar presente en un sistema organizado direccionalmente, pero no tener nada que ver con el sistema *qua* organizado direccionalmente.  $FA_2$  nos proporciona un ejemplo. La tercera es que algunos sistemas están organizados direccionalmente, pero no les aplicamos un análisis funcional. Un ejemplo es el ecosistema del lago de una montaña. Este sistema está organizado direccionalmente con respecto a la relación de biomasa del predador y de los peces que son sus presas. Pero no diríamos que una función de la trucha es comerse a las carpas, aunque esto desempeñe un papel en la regulación de la relación.

Podría parecer que es posible evitar estas dificultades sosteniendo no sólo que las atribuciones funcionales presuponen una organización direccional, sino que presuponen que la función atribuida contribuye a la actividad directiva y que, más aún, la actividad directiva tiene una significación adaptativa. En esta perspectiva, el análisis funcional de los sistemas no vivos sería tratado como una especie de procedimiento derivado o en cierto modo parasítico.

La posición de Nagel y sus variaciones sugeridas arriba nos proporcionan cierta claridad. Sin embargo, me parece que por su estrechez pierden el punto central. Estas posiciones buscan la distinción entre  $FA_2$  y  $FA_3$  en alguna característica de los sistemas, esto es, alguna diferencia entre, por ejemplo, los animales y los sistemas solares. Yo opino que la distinción se encuentra en las diferencias lógicas entre los esquemas conceptuales que estamos preparados para aplicar a los animales y aquellos que aplicamos a los sistemas solares. Las atribuciones funcionales presuponen *esquemas conceptuales con un cierto carácter lógico*. La atribución es inapropiada si se carece de ese esquema.

Con el objeto de describir estos esquemas conceptuales definiré primero dos nociones: 1) la "organización similar a una red" de un sistema, y 2) un "sistema contribuyente".

1) Si consideramos una función como la respiración, encontramos que la función es realizada por un conjunto complicado de partes que se

influyen causalmente unas a otras de maneras complejas. Todas las partes son partes del organismo; excepto las partes indivisibles (si es que hay alguna) cada parte tiene sus partes; y finalmente, dada una parte  $P_j$ , hay otras partes de las que  $P_j$  no es una parte (estas son afirmaciones ciertamente triviales acerca del concepto de "parte"). Cada parte puede, en principio, y en la práctica así es, tener influencia causal en cada una de las otras partes. Por supuesto, sólo algunas partes, y solamente algunas de las relaciones causales entre ellas, necesitan ser consideradas en un análisis de la respiración.

Las relaciones de parte-todo de un sistema pueden representarse por un diagrama de "árbol", como el que se muestra en la figura XXIII.1.

En el diagrama,  $a$  y  $b$  representan partes de  $c$ ; y  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$  son partes de  $e$ . Tales diagramas representarían jerarquías perfectas de parte-todo si definiéramos "niveles de partes" de tal modo que cada parte a un determinado nivel fuera el mismo tipo de parte, y si en un nivel cada parte fuera exhaustivamente analizable en partes del mismo tipo. Los sistemas analizados funcionalmente, sin embargo, no son jerarquías perfectas, si definimos las partes de la manera en que usualmente lo hacemos.

Supongamos ahora que identificamos alguna actividad  $\phi$  que es realizada por el sistema llamado "e" en la figura XXIII.1 y un conjunto de relaciones causales entre algunas de las partes de  $e$  que contribuyen a  $\phi$ . Esto puede representarse por las flechas de la figura XXIII.1.

Lo que tengo en mente al hablar de una "organización como de red"

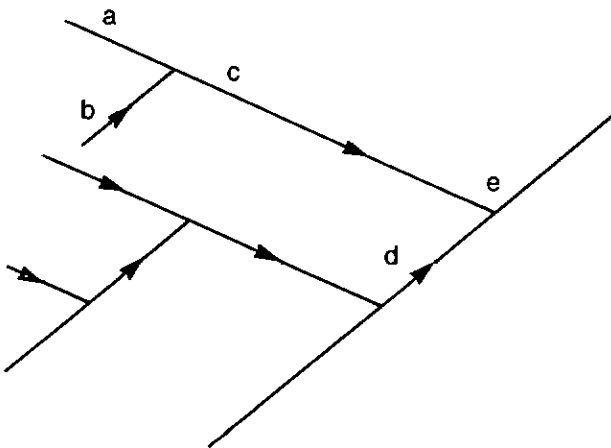


FIGURA XXIII.1



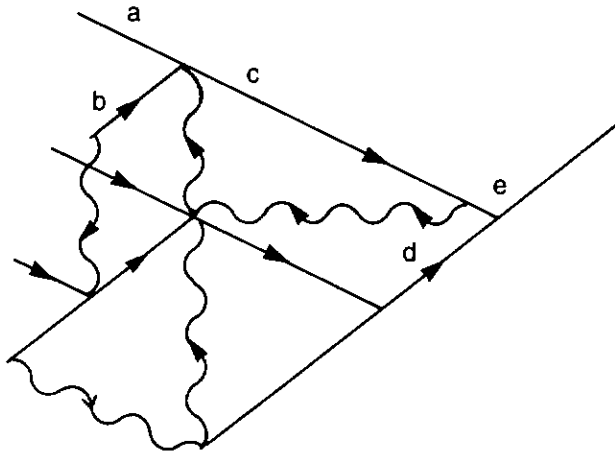


FIGURA XXIII.2

podría representarse por diagramas de árbol, excepto por el hecho de que una parte  $P_1$  puede contribuir a las actividades de la parte  $P_2$  sin que  $P_1$  ni  $P_2$  sea parte de la otra (por ejemplo, el diafragma influye a los pulmones). En este caso, represento las influencias causales por líneas ondulantes.

Ahora supongamos que una teoría  $T$  nos conduce a identificar las partes de  $S$ , y las relaciones entre las partes de  $S$ , de tal modo que, como un hecho, las relaciones parte-todo y causales en  $S$  pueden representarse en un diagrama de red como el de la figura XXIII.2. En ese caso diré que  $S$  posee "una organización como de red con respecto a  $T$ ".

Cualquier sistema material relativamente complejo, obviamente, tendrá una organización como de red con respecto a alguna teoría existente o a otra. Así, este tipo de organización es el de algunos sistemas que, como el sistema solar, nos hemos negado a someter a un análisis funcional.

2) Si las actividades  $\phi_1$  en un sistema  $S_1$  "contribuyen" (en el sentido definido arriba) a las actividades  $\phi_2$  de otro sistema  $S_2$ , lo llamaré "contribuyente", y podemos hablar de  $\phi_1$  como una "contribución" a  $\phi_2$ .  $S_1$  no necesita ser una parte de  $S_2$ . Las flechas en las figuras XXIII.1 y XXIII.2, tanto en las líneas rectas como en las ondulatorias, representan la relación de "contribución". Cualquier línea recta con una punta de flecha es un sistema contribuyente, y también lo es cualquier parte con una línea ondulatoria que sale de ella. De nuevo, cualquier sistema complejo con-

tendrá subsistemas contribuyentes, de tal modo que estos sistemas estén presentes, por ejemplo, en el sistema solar.

Ambas partes de un sistema con organización similar a una red y las contribuciones que hacen se identifican con la ayuda de un esquema conceptual. Cuando nos referimos, por ejemplo, a los pulmones, lo hacemos por medio de un término ("pulmones") que tiene una cierta definición, o al menos un uso regular. La definición o el uso coloca al término dentro de nuestro esquema conceptual. Una parte (o actividad) tal como un pulmón (o la respiración), es una parte o actividad relativa a los conceptos que empleamos en identificarlos y describirlos.

Ahora supongamos que hemos identificado un sistema  $S$ ; que  $S$  exhibe una actividad  $\phi$ ; y que estamos interesados en mostrar cómo es que  $S$  hace  $\phi$  buscando las contribuciones que las partes  $P_1, P_2 \dots P_n$  (y sus correspondientes actividades  $\phi_1, \phi_2 \dots \phi_n$ ) contribuyen a  $\phi$ . Quiero llamar la atención a dos alternativas de identificar las partes de  $S$ . Dejemos que " $P_j$ " se refiera, en razón de su definición, a  $P_j$ . Si es cierto que " $P_j$ " contribuye a  $\phi$ , " $P_j$ " podría definirse (en parte) por su referencia a  $\phi$ ; o " $P_j$ " podría definirse independientemente de cualquier referencia a  $\phi$ . Por ejemplo, el corazón bombea sangre ( $P_j$  contribuye a  $\phi$ ); y el término "corazón", por definición, no puede ser aplicado a cualquier sistema a menos que bombee sangre o sea el tipo de sistema que contribuye a bombear sangre (el término  $P_j$  es definido —en parte— por referencia a  $\phi$ ). Por otro lado, la Tierra intercepta meteoritos; pero el término "la Tierra" no está definido (ni siquiera en parte) por referencia a la actividad de intercepción de meteoritos. En suma: es una verdad lógica que el corazón bombea sangre; no es una verdad lógica, sino solamente una verdad empírica, que la Tierra intercepta meteoritos. Refirámonos a las partes de los sistemas que, como el corazón, contribuyen por definición a una actividad  $\phi$  de un sistema más grande, como partes "contribuyentes por definición".

Más aún, las actividades  $\phi'_i$  de las partes de un sistema o del sistema global simplemente pueden, y de hecho lo hacen, contribuir a una actividad  $\phi$  de un sistema; o alternativamente, el término " $\phi'_i$ " puede definirse de tal manera que  $\phi'_i$  necesariamente contribuye a  $\phi$ . La revolución de la Tierra alrededor del Sol contribuye a la intercepción de meteoritos, pero este hecho no se explota en la definición de "revolución". Por otra parte: a) los rituales de cortejo de un ave contribuyen a la selección de parejas y esta contribución es parte del concepto "ritual de cortejo"; y b) la inhalación, por definición, contribuye a la respiración. Llamemos a estas actividades "contribuyentes por definición". Estas son, me parece, relativamente más raras en la teoría biológica que los sistemas contribuyentes por definición.

Estamos ahora en posición de referir brevemente las principales tesis de la sección sobre las atribuciones funcionales. Primero, las atribuciones funcionales explícitamente sostienen que una parte  $P_j$  o una actividad  $\phi_j$  contribuyen a una actividad  $\phi$  en o de un sistema  $S$ . Segundo, las atribuciones funcionales presuponen que  $S$  posee una organización como de red, de tal modo que *a)* los hilos de la red se identifican por el mismo esquema conceptual general que se emplea en la atribución misma; *b)* un número significativo de hilos críticos de la red contribuyen definicionalmente a una o más actividades psi del sistema total  $S$ ; y *c)* la contribución que se atribuye es una contribución a la actividad  $\phi$  del sistema global  $S$ , en donde  $\phi$  es una actividad a la cual contribuyen por definición un número significativo de hilos de la red.

Permítaseme ahora resumir, aplicando los señalamientos anteriores, a  $FA_1$ ,  $FA_2$  y  $FA_3$ , omitiendo hasta donde sea posible mi terminología.

$FA_1$ : Es verdad que una función del corazón es bombear sangre. El corazón, en efecto, bombea sangre; el cuerpo es un sistema complejo de partes que por definición auxilian en ciertas actividades al cuerpo como un todo, tales como la locomoción, el automantenimiento, la copulación; los conceptos "corazón" y "sangre" son componentes reconocibles del esquema que empleamos al describir este sistema complejo; y el bombeo de sangre contribuye a las actividades del organismo completo al cual contribuyen definicionalmente muchos de sus órganos, tejidos y otras partes.

$FA_2$ : El corazón, en efecto, produce sonidos; pero los sonidos no contribuyen a ninguna de las actividades del sistema total que nuestro esquema conceptual individualice como beneficiarios privilegiados de las actividades de las partes de nuestro cuerpo.

$FA_3$ : Aunque la Tierra sí intercepta meteoritos, pienso que nosotros no identificamos las partes del sistema solar o cualquiera de sus actividades, en términos de la contribución que hacen a las actividades del sistema solar global. El sistema solar ciertamente hace cosas actuando como un todo (por ejemplo, se mueve alrededor del centro de la galaxia), pero no hemos encontrado que sea útil construir una teoría que involucre la definición de cuerpos celestiales en términos de su contribución a los movimientos del sistema solar.

Nótese que este análisis se aplica a las máquinas y otros artefactos; no es necesario considerar las atribuciones de funciones como si fueran, en algún sentido, derivadas o parásitas.

## ELIMINABILIDAD

En ocasiones se ha sugerido que las proposiciones teleológicas tales como "el corazón late para bombear sangre", "la función del corazón es bombear sangre", "el corazón late con el objeto de bombear sangre", y otras, pueden ser eliminadas y sustituidas por proposiciones no-teleológicas.

Esta es una cuestión sumamente complicada. Con el objeto de presentar una respuesta fundamentada tenemos que poner atención a las siguientes cuestiones: 1) ¿Cómo vamos a distinguir en general entre proposiciones teleológicas y no-teleológicas?; 2) ¿Qué debemos entender por "eliminación" de la proposición *A* en favor de la proposición *B*?

Quienes apoyan la tesis de la eliminación, con frecuencia hablan de la "traducción" de la proposición teleológica *A* en la proposición no-teleológica *B*; pero existen otros tipos de relación no tan estrictos como la traducibilidad que podrían cumplir razonablemente con este objeto.

Abordaré estas dos cuestiones de manera conjunta y al hacerlo explicaré mi propia perspectiva, que es la siguiente: *a*) las proposiciones teleológicas no son traducibles en proposiciones no-teleológicas, sino que *b*) cada actividad de un sistema, aún aquellos sistemas que ordinariamente describimos con la ayuda de atribuciones funcionales, pueden ser descritos en lenguaje no-teleológico.

La cláusula *a* es difícil de probar, en vista de que carecemos de claridad, tanto en nuestros criterios para identificar lenguaje teleológico, como en nuestros criterios para decidir si *B* traduce a *A*. Existiría, sin duda, un acuerdo general en que las proposiciones que contienen "con el objeto de" y "para" son teleológicas; y de manera similar para aquellas proposiciones que he llamado atribuciones funcionales, de finalidades e intencionales. Pero considérense las siguientes proposiciones, que no entran en ninguno de estos modelos:

- 1) Los rapaces abren los huevos con piedras.
- 2) Los mirlos cantores migran en la primavera a regiones con abundante comida.
- 3) Los misiles se desviaron de su destino.
- 4) Él actuó por avaricia.
- 5) Los brazos de la silla del decano están tapizados.
- 6) La detección de una barracuda dispara una reacción de escape en las anchoas.

En todos estos casos existen fuertes líneas de argumentación que tienden a mostrar que son teleológicos, si las atribuciones explícitas funcionales, de finalidades y de intenciones son teleológicas. Estos argumentos tienen un patrón común: indican que cualquier diferencia en el fraseo de los casos 1 al 6 y en el fraseo de proposiciones reconocidas como te-

leológicas son solamente cuestiones de estilo de prosa. Por ejemplo, 1 es muy parecida a "los rapaces usan piedras para abrir los huevos", la cual es muy parecida a "los rapaces usan piedras con el objeto de abrir los huevos". Me parece que estas tres proposiciones, de hecho, difieren solamente en el estilo, y que si una es teleológica, entonces las tres lo son. De manera similar, en el caso 2 el movimiento de las aves no es un caso de "migración" a menos que se trate de un movimiento regular de tipo recurrente que sirva una función de apareo o de alimentación. En el caso 3 un objeto no es el "objetivo" de un misil a menos que el misil sea dirigido hacia él como su finalidad. En el caso 4 la referencia a la "avaricia" indica (entre otras cosas) que la acción es realizada con el objeto de alguna finalidad. En el caso 5 los "brazos" de la silla son por definición partes que sirven a una función. Finalmente, en el caso 6 una "reacción de escape" es una actividad cuya función es evitar el peligro.

Yo sugeriría que no existe una piedra de toque para identificar lo teleológico, y que el lenguaje teleológico es bastante más común, y más firmemente arraigado en el lenguaje de la ciencia, de lo que nos revelaría una inspección casual.

Mi convicción de que el lenguaje teleológico no puede ser traducido al lenguaje no-teleológico se basa en la siguiente intuición: si  $A$  es una proposición teleológica, y si  $B$  traduce a  $A$ , entonces  $B$  también será teleológica. Yo tendería a ver la preservación del carácter teleológico, con la traducción, como una condición de la adecuación de esa relación de traducibilidad. El carácter teleológico de una proposición no es solamente una cuestión de vocabulario; es una cuestión de la estructura lógica del esquema conceptual empleado en la proposición.

He indicado en la sección sobre las atribuciones funcionales que las características de un esquema conceptual están presupuestas en las atribuciones funcionales. Pienso que esta explicación puede generalizarse fácilmente, de manera que abarque las características de los esquemas conceptuales presupuestos por las atribuciones de finalidad. Tenemos que adoptar un concepto técnico de la dirección-a-fines, que sea similar en principio, aunque no lo sea en cada detalle, a aquellos propuestos por autores como Sommerhoff y Nagel. Si hacemos esto, podríamos ver la actividad dirigida-a-fines como aquella que define una actividad psi de un sistema  $S$  que tiene dos privilegios: 1) cualquier línea delgada en la organización como de red de  $S$  que contribuye a  $\phi$  es una función en  $S$  (así, la admisión de la dirección-a-fines extiende el rango de la admisibilidad de las atribuciones de función); y 2) el vocabulario de éxitos y fracasos es aplicable a  $S$ , a  $\phi$  y a las partes (y sus actividades) de  $S$ .

Todo el lenguaje que explota esencialmente estos esquemas conceptuales lo considero teleológico.

Podríamos ahora volver a la cláusula *b* de mi tesis, ya que a pesar de que el lenguaje teleológico no pueda ser traducido, existe la sensación de que el lenguaje teleológico es eliminable. La sensación es ésta: dado cualquier caso singular de una actividad que es describable en lenguaje teleológico, ese caso es también describable en lenguaje no-teleológico. Por lo anterior, quiero decir que todo aspecto observable de la actividad que, de hecho, sirve como base para nuestra aplicación de conceptos teleológicos, también puede ser descrita por medio de un aparato conceptual cuyo carácter no es teleológico.

Este punto se aclara mejor mediante un ejemplo. Supongamos que estamos viendo un tanque en el que hay solamente una anchoa, e introducimos una barracuda en ese tanque. Al principio no sucede nada; entonces, cuando sería razonable que supusiéramos que la anchoa localiza a la barracuda, la anchoa se comporta de la siguiente manera: se voltea repentinamente, nada rápidamente a la superficie, salta del agua, vuelve a entrar en ella y repite la secuencia. Esta descripción (llamémosla *B*) está, permítasenos al menos suponer, por completo en lenguaje no teleológico. Y se trata de una descripción de exactamente el mismo comportamiento que serviría como base para la descripción teleológica (llamémosla *A*), "al ver la barracuda, la anchoa entra en una reacción de escape". Por supuesto que *B* no traduce a *A*. En cierto sentido, *A* nos dice menos, y en otros sentidos dice (y presupone) mucho más. *A* dice menos que *B* dado que *B* ofrece detalles que no están en *A*. Y dice más porque llamar el comportamiento de la anchoa una "reacción de escape" implica que tiene la función de escapar, mientras que esto no está implicado en *B*.

La utilidad de la proposición teleológica *A* en relación con la no-teleológica *B* reside en el hecho de que hay contextos en los que el "menos" que dice *A* apenas y vale la pena mencionarlo, y en que el "más" que dice *A* vale mucho más la pena. Estos son contextos en los que estamos tratando de adecuar el caso dentro de una determinada perspectiva general.

Para ver esto, considérese cómo el concepto de una "reacción de escape" puede relacionarse con segmentos del comportamiento tal y como son descritos en *B*.

1) Los detalles descritos en *B* pueden variar de manera considerable y, sin embargo, seguir siendo una reacción de escape. Por ejemplo, la misma anchoa, u otras anchoas de la misma especie, podrían omitir el cambio de dirección, o no salir a la superficie. En otras palabras, los conceptos empleados en la descripción de estos casos variados pueden no proveer el concepto de un "tipo" con respecto al cual todos estos casos son del "mismo tipo".

2) La descripción de tipo *B* del comportamiento de las anchoas podría ser una descripción de una reacción de escape, mientras que el mismo comportamiento (del mismo tipo + *B*) mostrado por otro pez podría ser un comportamiento de otro tipo (un tipo *A*, tal y como una danza de apareo).

3) Las anchoas pueden tener más de una clase de reacciones de escape en su repertorio. Las reacciones de los miembros de una escuela pueden ser enteramente diferentes. En este caso, incluso el término "reacción de escape de las anchoas" no se aplicaría solamente a casos como *B*.

4) El término "reacción de escape" podría definirse en términos no teleológicos como una disyunción compleja de las condiciones de tipo *B*. Tal concepto podría construirse pero, incluso si se aplicara solo y a todas las reacciones de escape, ni aún así sería el concepto de una reacción de escape, ya que todavía sería posible que un patrón de comportamiento no mencionado en la definición sirviera a la función de escapar.

#### CONCLUSIÓN

La perspectiva de la teleología presentada en las consideraciones anteriores me parece que tiene algo de bueno tanto para los críticos como para los guardianes de la teleología. Los críticos quieren defenderse de una cantidad de cosas: la importación de doctrinas teológicas o metafísicas inverificables a la ciencia, la idea de que las finalidades de algún modo actúan en favor de su propia realización, y la perspectiva de que los sistemas biológicos requieren para su estudio conceptos y patrones de explicación que son diferentes a cualquiera de los que se emplean en las ciencias físicas. Una parte importante de su postura ha sido la defensa de que el lenguaje teleológico puede ser eliminado de la ciencia sin que se pierda algo. He argumentado que esto es verdadero: cualquier fenómeno que pueda ser descrito en lenguaje teleológico puede ser descrito de otra manera.

Por otra parte, la eliminabilidad no significa traducibilidad. He sugerido —aunque no veo cómo probar— que el carácter teleológico de una presuposición es tan fundamental que sería preservado en la traducción. El carácter teleológico es conferido a una proposición por la manera en que se ajusta a un esquema conceptual diseñado para la descripción de ciertas clases de sistemas que poseen una organización como de red. La eliminación del lenguaje teleológico, pues, involucra un cambio conceptual y un método diferente de clasificar los elementos de un sistema.

Los guardianes de la teleología —entre ellos yo— han insistido en que el lenguaje teleológico es perfectamente legítimo. Esta conclusión es cla-

ra si mi recuento de lo que es "ser apropiado" es correcto. De hecho, el desarrollo de esquemas conceptuales que hacen que las atribuciones funcionales sean apropiadas, es visto justo como un caso especial de un procedimiento científico más general: el diseño de lenguajes que buscan traer a la luz relaciones causales que tienen gran interés para nosotros.

#### BIBLIOGRAFÍA

- Beckner, Morton (1957), *The Biological Way of Thought*, Nueva York.
- Hempel, Carl G. (1959), "The Logic of Functional Analysis", en *Symposium on Sociological Theory*, Evanston, Ill.
- Lehman, Hugh (1965), "Functional Explanations in Biology", *Philosophy of Science*, 32.
- Nagel, Ernst (1961), *The Structure of Science*, Harcourt, Brace, and World, Nueva York.
- Scheffler, Israel (1959), "Thoughts on Teleology", *British Journal for the Philosophy of Science*, 9.
- Sommerhoff, George (1950), *Analytical Biology*, Londres.



## XXIV. FINALIDAD E INTENCIONALIDAD EN LA NATURALEZA

WILLIAM C. WIMSATT

RESULTA INTERESANTE y significativo que dos de los tipos de casos más citados de "finalidad" en la naturaleza parecen requerir, para ser descritos, de un lenguaje que cumple uno o más de los tres "criterios de intencionalidad" de Chisholm.<sup>1</sup>

Estos dos tipos de casos, el de los mecanismos "dirigidos-a-fines" y el de los enunciados funcionales en biología, parecen enfrentarnos a un lenguaje que es intencional de acuerdo con los criterios de Chisholm pero que, sin embargo, no parece ser psicológico. Me parece que los criterios originales de Chisholm capturan de manera intuitiva algunas características importantes de la intencionalidad y además pueden iluminar las relaciones entre finalidad e intencionalidad mediante un análisis de estos casos y una demostración de cómo y por qué éstas cumplen los criterios de Chisholm.

En este artículo propondré una definición mecanicista de "finalidad" la cual, aunque está basada en el análisis conductista de Rosenblueth, Wiener y Bigelow,<sup>2</sup> responde a todas las objeciones señaladas a ese análisis por Richard Taylor<sup>3</sup> e Israel Scheffler,<sup>4</sup> excepto una. Haré una distinción entre "dirigido-a-fines" y "finalidad" y ofreceré el esbozo de un análisis de la finalidad en la naturaleza que cumple con esta última objeción. Mostraré que fenómenos similares a la "intencionalidad hacia lo no-existente" y a la "creencia equivocada" se encuentran en la naturaleza, y exploraré la base y la extensión de tales analogías.

<sup>1</sup> Estos criterios (que serán discutidos en el momento adecuado posteriormente) se exponen en "Sentences about Believing", de R. M. Chisholm, *Proc. Arist. Soc.*, v. 5 (1955-1956), pp. 125-148. La paginación que se da aquí proviene de su reimpresión en los *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, vol. II, Feigl, Scriven y Maxwell (comps.), 1962, pp. 510-520.

<sup>2</sup> A. Rosenblueth, N. Wiener, y J. Bigelow, "Comportamiento, propósito y teleología", *Philosophy of Science*, v. 10, 1943, pp. 18-24, y Rosenblueth, A., y Wiener, N., "Purposeful and Non-Purposeful Behavior", *Philosophy of Science*, v. 17, 1950, pp. 318-326. Este último artículo se encuentra relacionado con el primero de los dos artículos siguientes de Taylor.

<sup>3</sup> Richard Taylor, "Comments on a Mechanistic Conception of Purposefulness", *Philosophy of Science*, v. 17, 1950, pp. 310-318, y su "Purposeful and Non-Purposeful Behavior: a Rejoinder", *ibid.*, pp. 327-332.

<sup>4</sup> Israel Scheffler, *The Anatomy of Inquiry*, Knopf, 1963, pp. 110-123.

## I

Un punto de partida valioso para esta investigación es la descripción de un tropismo dirigido-a-un-fin en un organismo biológico, ya que tales tropismos presentan simultáneamente casos de los dos tipos de "finalidad" que se encuentran en la naturaleza: "psicológica":

Un tropismo interesante causa que las orugas de la polilla de cola dorada (*Porthesia chrysorrhoea*) dejen sus nidos de hibernación en la primavera temprana y se arrastren a las únicas porciones de los arbustos donde se encuentra su comida foliar en esa época del año. El tropismo involuocrado es uno en el que una cantidad adecuada de calor automáticamente causa que la oruga deje su nido y comience a arrastrarse hacia la luz. Este puede ser inducido en cualquier momento por el experimentador, simplemente aplicando calor. Este tropismo ocasiona que la oruga se trepe tan alto como pueda, lo cual sucede en el extremo del arbusto, donde el crecimiento de nuevas hojas verdes emerge primero en la primavera [...]

Como con todos los tropismos, el comportamiento de la polilla de cola dorada es completamente irrazonado. Por ejemplo, si las orugas se atrapan conforme dejan el nido y se colocan cerca de la ventana en un tubo de cristal, todas se agruparán en el extremo del tubo, lo más cerca posible de la luz, y permanecerán ahí. Si unas pocas hojas jóvenes del arbusto de su comida se dejan en el otro extremo del tubo, lo más lejos posible de la luz, las orugas hambrientas, sin alimentar, permanecerán cautivas cerca del extremo luminoso del tubo, y ahí permanecerán hasta morir de hambre.

Los tropismos, como los reflejos de los animales superiores, parecen ser la consecuencia directa de la manera en que los nervios y los músculos se han organizado. Usualmente contribuyen a la salud y al bienestar del organismo. Este último resultado, por supuesto, sería un resultado inevitable de la selección evolutiva; las criaturas con tropismos que disminuyan sus oportunidades de sobrevivencia presumiblemente no habrían ganado en la lucha por la existencia de las especies. Es solamente cuando la criatura es colocada en circunstancias históricas anormales o en circunstancias inusuales que los tropismos pueden actuar en contra de la sobrevivencia.<sup>5</sup>

Un biólogo puede hacer las siguientes afirmaciones sobre este caso o similares:

- 1) La oruga se dirige-a-un-fin<sup>6</sup> con respecto a las fuentes de luz.
- 2) La función del mecanismo tropístico y el comportamiento que causa es llevar a la oruga hacia la comida.

<sup>5</sup> Jean E. Wooldridge, *The Machinery of the Brain*, McGraw Hill, 1963, pp. 77-78.

<sup>6</sup> "Dirigida-a-un-fin" se debe entender como un término técnico de la cibernética, aunque no definible como algunos cibernéticos lo han hecho. Señalamientos similares se aplican a "función". Las definiciones de ambos términos se sugerirán más adelante.

3) En el ambiente normal de la oruga, el mecanismo trópico y el comportamiento que causa son normalmente adaptativos.

4) En el ambiente experimental, los mecanismos trópicos y el comportamiento que causan no son adaptativos.

5) La forma del mecanismo trópico y el comportamiento que causa son producto de los ambientes evolutivos pasados y de la historia de esa especie de oruga, y de la de sus ancestros.

6) El comportamiento dirigido-a-un-fin no siempre resulta en el cumplimiento de los fines.

7) La consecución de fines no siempre resulta en el cumplimiento del fin biológico o función.

Para mostrar las analogías entre este caso y los de la acción humana intencional, imagínese *per impossibile* que la oruga es un agente consciente en el más amplio sentido humano, y que su comportamiento en las situaciones naturales y experimentales es una acción intencional dirigida a la consecución de fines biológicos.

Las afirmaciones correspondientes apropiadas serían entonces las siguientes:

1') El agente busca la fuente de luz.

2') El propósito de (la intención de, o razón para) buscar la luz es encontrar la comida.

3') En el ambiente normal, la creencia de que buscar luz llevará a la comida es normalmente correcta, y conduce al agente a actuar de la manera correcta para conseguir comida.

4') En el ambiente experimental, la creencia de que buscar la luz conducirá a la comida es incorrecta, y conduce al agente a actuar de manera incorrecta.

5') Las creencias del agente son producto de su experiencia pasada y de la de sus antecesores, y de los ancestros de sus antecesores.

6') Actuar de acuerdo con creencias acerca de cómo alcanzar un objetivo no siempre resulta en la consecución de los fines.

7') La consecución de objetivos no siempre resulta en la consecución del fin último para el cual se llevó a cabo la acción.

Nótese cuáles conceptos se alinearían por parejas: *a)* "dirigido-a-fines" con la persecución de fines inmediatos o con objetivos de la acción humana; *b)* "función" con el fin o propósito más remoto (para el cual lo "dirigido-a-fines" es en ambos casos un medio); y *c)* el mecanismo trópico con creencias verdaderas o falsas, respectivamente, cuando es adaptativo o no en los diferentes ambientes. Todas las afirmaciones de las dos listas serían consideradas verdaderas, respectivamente, de la biología y de la acción humana.

Ahora bien, es claramente falso que los términos correspondientes

sean idénticos en significado, pero los sorprendentes paralelismos entre las afirmaciones de las dos descripciones sugieren isomorfismos profundos, y que algunas de las características lógicas del discurso sobre la acción humana se encuentran también en un lenguaje puramente biológico (es decir, no psicológico).<sup>7</sup> Argumentaré que entre los enunciados 1 y 6 (como entre el 1' y el 6') se cumplen todos los criterios de Chisholm, y que los enunciados 2, 4 y 7 (como el 2', 4' y 7') también lo hacen, pero además tienen otras características lógicas interesantes.

La correspondencia general y los isomorfismos inherentes a estas dos listas explican parcialmente la tentación a la cual han sucumbido tantos al hablar de finalidad en *rerum naturum*. Quizás las características lógicas aportan alguna justificación para hablar de intencionalidad en la naturaleza si tomamos la acción humana como modelo de conceptos teleológicos.

## II

Es posible elaborar una definición completamente mecanicista de "dirigido-a-fines". Desafortunadamente, este hecho ha quedado oscurecido por los intentos infructuosos de algunos autores que han intentado hacerlo mediante un análisis que consideraba solamente el comportamiento involucrado —negando la importancia de los mecanismos responsables de ese comportamiento—. El análisis de Rosenblueth, Wiener y Bigelow señala la característica estructural apropiada, esto es, la presencia de circuitos de retroalimentación negativa, pero solamente de manera informal, y asume que éstos pueden ser caracterizados en términos totalmente conductistas.<sup>8</sup> Esto último los dejó innecesariamente expuestos a las críticas de Taylor, Scheffler y otros.

Para defender mi punto de vista vale la pena regresar a las bases origi-

<sup>7</sup> Chisholm, *op. cit.*, p. 511, sostiene que los enunciados sobre intencionalidad en la naturaleza son ya sea psicológicos o no intencionales. Aquí se argumentará que no son psicológicos y sí son intencionales.

<sup>8</sup> El hecho de que los circuitos de retroalimentación sean una característica estructural, y no una del comportamiento, se indica incluso en los diagramas mismos de los cibernéticos. Más aún, existen bases firmes para decir que no existe una relación deductiva entre la observación de cualquier secuencia de comportamiento de un mecanismo y la presencia, en él, de un circuito de retroalimentación. S. C. Kleene ha probado, en efecto, que no existe tal relación para secuencias de comportamiento de longitud finita de una máquina de estados finitos. (Véase su "Representation of Events in Nerve Nests and Finite Automata", de Shannon y Mc Carthy (comp.), *Automata Studies*, Princeton, 1956, pp. 3-42). Existen, por supuesto, buenas bases *inductivas* para la inferencia, a partir de ciertos tipos de secuencias, de comportamiento de la presencia de circuitos de retroalimentación, pero esta es una base inapropiada para un análisis conceptual.

nales del debate. Un buen ejemplo de lo que es “orientado-a-fines” es un misil “autodirigible”. Un misil de ese tipo posee mecanismos de propulsión que le permiten alterar la dirección de su movimiento, así como mecanismos para recibir señales (tales como cierto tipo o tipos de radiación) de forma tal que la dirección de la fuente de radiación, con relación a la orientación del misil, afecta la manera en que tal radiación es recibida por el misil. Este tipo de misil también tiene mecanismos que reciben estas señales de entrada y producen señales de salida a los mecanismos de propulsión y alteración de la dirección, de tal manera que el misil se mueve hacia la fuente de la radiación. Los mecanismos de este último tipo (llamados mecanismos “servo” o “control”) deben contener circuitos de retroalimentación negativa para producir el efecto de que el misil se mueva hacia la fuente de radiación.

Cuando se dispara un misil de ese tipo, su comportamiento tiene dos características fácilmente antropomorfizables, como puede verse en un ejemplo específico: —el de un *Sidewinder*,<sup>9</sup> misil aire-aire que “busca calor” de las USAF (Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos): 1) Cuando es disparado, el misil se dirige a la fuente de calor más cercana que detecte —usualmente una nave “ofensiva”— haciendo correcciones en su propio curso, las cuales contrarrestan las maniobras evasivas del objetivo, ya sea hasta que le atine al objetivo o se le acabe el combustible. Esto es similar a algunos casos de comportamiento “dirigido-a-fines” en los seres humanos. 2) Su comportamiento también puede ser seriamente desviado (desde el punto de vista de sus diseñadores humanos), ya que en ciertas condiciones el misil se dirigirá hacia trampas construidas especialmente, por ejemplo hacia naves “amigas”, hacia el Sol o incluso (para citar un caso particularmente interesante) hacia el carro del comandante de la base aérea. Todas éstas son, por supuesto, fuentes de calor. Esta última característica del misil equivale a *algo así como* “actuar sobre la base de una creencia equivocada”.

En la naturaleza se encuentran muchos casos que son fundamentalmente similares al del misil. Diversas investigaciones han mostrado que el comportamiento de la oruga, citado anteriormente, es otro caso de comportamiento dirigido a fines controlado por retroalimentación negativa. Como argumentaré más adelante, muchos casos del comportamiento intencional de los seres humanos son, incluso a nivel cognitivo, de este tipo.

Ahora bien, ¿qué hay en tales mecanismos que nos permite hablar de ellos como “dirigidos-a-fines”? El debate mencionado arriba (notas 2 a

<sup>9</sup> Este misil fue llamado así por una especie pequeña de víbora de cascabel que se encuentra en el suroeste de los Estados Unidos. Esta serpiente tiene pequeños hoyuelos en cada lado de la cabeza, en los cuales se localizan unos órganos que son sensibles al calor

la 4) contenía dos sugerencias incompatibles: Rosenblueth, Wiener y Bigelow argumentaban que el lenguaje teleológico era o no apropiado sobre la base de la *forma del comportamiento* del objeto en cuestión, es decir, que el "comportamiento puede ser interpretado como dirigido a la obtención de un objetivo", que ellos interpretan como un *estado* "en el cual el objeto actuante alcanza una correlación definida en el tiempo o en el espacio con respecto a otro objeto o suceso".<sup>10</sup> Taylor argumentó (entre otras cosas) que el comportamiento de un misil autodirigible no está, de ningún modo, orientado a fines por dos razones: *a)* porque tal comportamiento podría explicarse de otras maneras y *b)* porque no podría decirse, de ninguna máquina, que "persigue un objeto-fin no existente", una característica que considera central para atribuir la orientación-a-fines en el caso humano.

El ataque de Taylor en el primer punto es parte de un doble asalto: primero mostrar que los conductistas no pueden dar una especificación no ambigua del fin u objetivo *en términos del comportamiento*, mostrando así un defecto en esta forma de analizar el comportamiento de los mecanismos. Luego, este autor intenta explicar la "aparente" dirección-a-fines del objeto en tales casos: nótese aquí [...] que el torpedo es guiado, no por el objetivo mismo, sino por las ondas de sonido que chocan contra el mecanismo sónico; u otras causas inmediatas determinadas. La expresión, "misil autodirigido" es, de hecho, metafórica.<sup>11</sup>

Nótese que ambos bandos parecen dar por hecho que la orientación-a-fines debe ser una *relación* entre dos cosas —un sistema que es dirigido a fines y un fin que es "buscado"—. Rosenblueth y compañía hablan del estado de obtención de fines como de "una correlación definitiva en el espacio y en el tiempo". La apelación de Taylor a la perspectiva relacional es aparente en su crítica recién citada: el torpedo no puede ser guiado por el *objetivo*, porque hace exactamente lo mismo en algunos casos en que *no hay* objetivo. Si no hay objetivo, no puede haber relación, y si no hay relación, no hay dirección a fines.<sup>12</sup>

corporal de una presa potencial o de los predadores. La víbora ataca en dirección a la fuente de este calor. La dirección del ataque en la víbora, como en el misil, es controlada por mecanismos de retroalimentación negativa.

<sup>10</sup> Rosenblueth, Wiener y Bigelow, "Comportamiento, propósito...", 1943, p. 18.

<sup>11</sup> *Ibid.*, p. 316.

<sup>12</sup> Ésta parece ser una inconsistencia de parte de Taylor: critica los misiles porque no pueden perseguir objetos-fines no existentes como la gente, y por ello fallan en ser orientados a fines en un sentido estricto. Pero luego argumenta que éstos no pueden siquiera ser orientados-a-fines en un sentido más débil porque algunas veces actúan como si estuvieran persiguiendo algo cuando no hay nada para que persigan. Las raíces obvias de esta esquizofrenia filosófica residen en la doctrina de que hay dos tipos de existencia —"intencional" y "real". Los objetivos de las personas existen "intencionalmente" pero no pueden

Pero, ¿qué sucede si buscamos una alternativa a esta teoría relacional?

A pesar de sus señalamientos acerca de la forma del comportamiento y de las relaciones entre fin y objeto, mucho de lo que los cibernéticos dicen sobre la orientación-a-fines sugiere que al atribuírsela a algo, estamos diciendo algo *solamente sobre ese objeto*. Los cibernéticos caracterizan el "comportamiento teleológico" como "comportamiento controlado por retroalimentación negativa". Decir que algunos mecanismos contienen circuitos de retroalimentación negativa es decir algo directamente acerca del mecanismo, y sólo indirectamente algo acerca de su comportamiento —esto es, que tendrá disposición para comportarse de ciertas maneras en los ambientes apropiados; aquellos que contienen los tipos de radiación que activan su comportamiento orientado-a-fines. A menos que uno sea un "conductista lógico", decir que "el comportamiento de un objeto *puede ser interpretado como* dirigido hacia la obtención de un objetivo" no es decir necesariamente nada directo sobre su comportamiento, pues pueden haber ciertos hechos acerca del objeto actuante que nos permitan interpretar el comportamiento de esta manera.

Sugiero (como un movimiento reconstructivo), que decir que un objeto es orientable-a-fines es atribuirle una propiedad disposicional, que será analizada más adelante en términos de las características de la organización interna del objeto, más que en términos de su comportamiento. En particular, la presencia de esta propiedad disposicional implica que el objeto contiene circuitos de retroalimentación negativa como característica estructural.<sup>13</sup>

Ahora bien, si la dirección-a-fines es una propiedad disposicional o estructural del objeto dirigido-a-fines, ¿dónde aparecen los fines en este análisis? Si se nos dan detalles de la estructura del mecanismo dirigido-a-fines o de la actuación de sus partes, y conocemos las teorías causales apropiadas para analizar la interacción de esas partes, podemos determinar exactamente hacia qué *tipo* de objetos mostrará un comportamiento dirigido-a-fines el mecanismo y en qué condiciones. Esto, en general,

existir "realmente". Dado que, se asume, es inapropiado hablar de existencia intencional en las máquinas, sus objetivos deben tener existencia real. El análisis que estoy proponiendo coloca cierta tensión en esta doctrina de los objetos-fines, pero no nos permite desecharla, dado que no están a la vista movimientos paralelos para las proposiciones y otras entidades abstractas.

<sup>13</sup> No estoy seguro de cómo verían esta propuesta de solución los involucrados en el debate. Esta solución se encuentra en el espíritu del análisis de los cibernéticos, una vez que se reemplaza su "conductismo simplista" por versiones más recientes y complicadas del "conductismo metodológico". Aunque Taylor menciona la estrategia general que hemos tomado ("Dudo siquiera si alguien consideraría que la complejidad por sí misma es un criterio de un objeto intencional." Taylor, "Comments on a Mechanistic Conception...", *op. cit.*, p. 317), no argumenta contra esta perspectiva en general o en la forma propuesta.

nos da una definición intencional, en términos de ciertas propiedades, de una clase de fines-objetivos.

Para el misil *Sidewinder*, la definición de la clase de fines-objetivos tendría la siguiente forma esquemática:

X: X emite radiaciones electromagnéticas que, al ser recibidas por las unidades sensoras de los misiles:

- i) tienen una frecuencia en el intervalo (Fmin, Fmax);
- ii) tienen una intensidad en el intervalo (Imin, Imax);
- iii) tienen un ángulo de incidencia al eje direccional de orientación de las unidades sensoras en el intervalo (Omin, Omax).

Esta lista es esquemática, de manera similar a las limitaciones que se presentan en las especificaciones de los planos de una construcción. Los valores limitantes pueden ser determinados ya sea por las limitaciones inherentes en las unidades sensoras o por los datos que sean procesados en el mecanismo. Leemos estas limitantes fuera de los planos, pero el diseñador, por supuesto, comienza con una lista de ellas tal y como yo lo he hecho, y entonces procede a elaborar un plan para el mecanismo que cumpla con estas especificaciones —i.e., que perseguirá cualquiera y sólo los objetos que cumplan con estos criterios para un objetivo—.

### III

De este análisis surgen algunas cuestiones interesantes. Doy por hecho que los mecanismos en cuestión producirán patrones de comportamiento complejos y apropiados a las circunstancias correctas —cumpliendo así un criterio—. Más aún, dado que la dirección-a-fines es un predicado monádico del objeto dirigido-a-fines (interpretado ya sea como una propiedad estructural o como una disposición para comportarse de ciertas maneras), su atribución a un objeto:

- 1) no implica alcanzar el objetivo, aun cuando el objeto se esté comprometiendo en un comportamiento de búsqueda;
- 2) tampoco implica que el objeto esté comprometiéndose en el presente en un "comportamiento-de-búsqueda";
- 3) ni que un objeto del tipo especificado en la clase del objetivo-fin
  - a) esté presente,
  - b) exista,
  - c) o incluso sea lógicamente posible.
- 4) Un examen de la estructura de tales mecanismos provee una definición intencional para la clase de objetos-fines, proporcionando de esta manera criterios para:
  - a) determinar qué objetos son posibles objetivos-fines para esos mecanismos, y las condiciones en las cuales éstos podrían serlo;



- b) especificar, de manera no ambigua, qué cuenta como un estado de obtención de fines para ese mecanismo;
- c) distinguir el comportamiento dirigido-a-objetivos, de las consecuencias causales incidentales de ese comportamiento.

5) y provee un sentido en el que es significativo y productivo decir que tal mecanismo "busca" su objetivo *en una cierta descripción*. Esta intencionalidad de la descripción es cercanamente paralela a muchos casos de la acción humana.

6) Dado que el mecanismo, como el ser humano (en casos en los que se carece de información de fondo o ésta es irrelevante para la búsqueda) se compromete en una búsqueda dirigida-a-fines *solamente de acuerdo con las señales sensoriales que realmente recibe*, también puede "dejar de ver" objetivos-fines posibles en su búsqueda, ya sea por no detectarlos o porque no "parecen" cumplir con los criterios apropiados.

Ciertamente se impone una discusión en torno a los puntos anteriores. La importancia de este modo de definición no debe ser subestimada. La perspectiva conductista hace difícil o imposible capturar las características 3, 4, 5 y 6, y da a la generación de las características 1 y 2 una apariencia de vaguedad y de su carácter *ad-hoc*. Las características 1, 3 y 5 son esenciales para generar oraciones que cumplan con los criterios segundo, primero y tercero de Chisholm, respectivamente. Del 1 al 5 todos son relevantes de diversas maneras para enfrentar varias críticas de Taylor y Scheffler del análisis original y de las críticas de Braithwaite,<sup>14</sup> que también son aplicables al análisis de Sommerhoff<sup>15</sup> y Nagel.<sup>16</sup> Para lograr esto, ni siquiera ha sido necesario añadir ninguna complicación mecánica a la historia que cuentan Rosenblueth, Wiener y Bigelow, sino que ha bastado con ver estas características de un modo diferente. Más adelante argumentaré, sin embargo, que en esta etapa el análisis aún se queda corto en capturar todo el lenguaje teleológico apropiado para la descripción de la naturaleza "prepsicológica". Pero antes es necesario consolidar el territorio avanzado.

El primer criterio de Chisholm dice: "Un enunciado simple declarativo es intencional si usa una expresión sustantiva —un nombre o una descripción— de manera tal que ni el enunciado ni su contradicción impliquen ya sea que hay o que no hay nada hacia lo cual la expresión sustantiva verdaderamente se aplique".<sup>17</sup>

Debiera ser claro que si la orientación-a-fines es una propiedad disposicional o estructural de ciertos mecanismos, decir que tal mecanismo

<sup>14</sup> R. B. Braithwaite, *Scientific Explanation*, Cambridge Univ. Press, capítulo 10, 1953.

<sup>15</sup> G. Sommerhoff, *Analytical Biology*, Oxford University Press, 1950.

<sup>16</sup> Ernest Nagel, *The Structure of Science*, Harcourt, capítulo 12, 1961.

<sup>17</sup> Chisholm, "Sentences about Believing", *Proc. Arist. Soc.*, v. 5, 1955-1956, p. 510.

está dirigido-a-fines con respecto a una cierta clase de entes no implica que cualquiera de esos entes exista o no exista, de igual manera que decir que la sal es soluble en agua no implica que el agua exista o no exista. De manera similar, decir que un mecanismo no sea orientable-a-fines con respecto a alguna clase de objetos es meramente decir que tiene una cierta propiedad estructural y no implica nada, en ningún sentido, acerca de la existencia de cualesquiera miembros de esa clase. De este modo, los enunciados de dirección-a-fines son intencionales según el primer criterio de Chisholm. Un ejemplo puede ayudar: fácilmente podríamos imaginar y, en principio, diseñar, un servomecanismo que fuera dirigible-a-fines con respecto a los unicornios, tomando en cuenta todos nuestros criterios descriptivos de la "unicornidad" y construyéndolos en sus circuitos. Una máquina de este tipo podría, por ejemplo, inspeccionar primero los objetos a una distancia y aproximarse sólo a aquellos que parecieran caballos blancos; luego, acercarse más solamente si el objeto semejante a un caballo pareciera tener un cuerno; y, cuando estuviera más cerca, realizar análisis químicos para determinar si el "caballo" y el "cuerno" están hechos ambos de materiales orgánicos, fueran de la misma especie, tuvieran la misma complejidad genética, etc. Podríamos suponer que la máquina está construida de tal modo que arroja un lazo cada vez que se encuentra con un objeto que cumple todos los criterios que se le han construido. Si bien esta máquina nunca cantarí victoria, con frecuencia el mecanismo podría comportarse de un modo que nos podría llevar a decir que "actúa como si" estuviera buscando algo. A partir de sus planos podríamos descubrir que la máquina cantarí victoria si y sólo si descubriera un objeto que pasara todas las pruebas de un cierto tipo, y que estas pruebas correspondieran a las características definitorias de lo que llamaríamos, si encontráramos uno, un unicornio. "Esta máquina es dirigible-a-fines con respecto a un unicornio" sería, entonces, un enunciado verdadero que cumpliría con el primer criterio de Chisholm. Así pues, sostengo, contra Taylor, que el comportamiento de esta máquina es un caso de máquina dirigible-a-fines con respecto a algo que no existe. Nótese que he tenido que establecer aquí criterios secuenciales para que la máquina realmente haga algo, aunque una máquina más simple podría ser dirigible-a-fines (pero no dirigida-a-fines) con respecto a algo que no existe.

Tal y como he definido la dirección-a-fines en términos de las propiedades disposicionales o estructurales de las propiedades de un mecanismo, no existen términos disponibles para describir el *comportamiento* que uno de estos mecanismos exhibe en presencia de un objeto del tipo apropiado. Describamos este comportamiento como "S-busca producir G". "S-busca" es la abreviación de "busca servomecánicamente", y se re-

fiere al comportamiento externo y a los procesos internos que son controlados por retroalimentación negativa. Para G, sustitúyase una descripción de lo que contaría como un estado de "obtención-de-fines" para ese mecanismo. Así, en condiciones apropiadas, diríamos que "el misil Sidewinder "S-busca darle a una fuente de calor", y "la máquina de unicornios S-busca encontrar (el éxito), identificar a un unicornio".

Chisholm enuncia su segundo criterio de la siguiente manera: "Podemos describir un segundo tipo de uso intencional por referencia a enunciados simples en los que el verbo principal toma como su sujeto una frase que contiene un verbo subordinado [...] Diré que tal enunciado simple declarativo es intencional si ni el enunciado ni su contradicción implican ya sea que la frase que siga al verbo principal sea verdadera o sea falsa".<sup>18</sup>

El enunciado "el misil Sidewinder S-busca darle a una fuente de calor" es intencional con este criterio. El hecho de que ciertos procesos estén ocurriendo dentro del misil y que éste se encuentre siguiendo alguna trayectoria posiblemente compleja, no implica que le atine o no a la fuente de calor, ni tampoco su contrario. El misil puede S-buscar al sol, que es inalcanzable, o un misil que no funcione bien que sea incapaz de S-buscar puede ser lanzado en combate y fortuitamente pegarle a un avión enemigo. Señalamientos similares pueden hacerse en el caso de la máquina de unicornios.

Anteriormente he dicho que en este análisis un mecanismo del tipo apropiado es dirigible-a-fines con respecto a objetos *que responden a cierta descripción*, es decir, la descripción dada en la definición intencional de su clase de objetos-fines. Este hecho tiene varias consecuencias importantes. Primero que nada, cuando semejante mecanismo busca algún objeto particular, lo hace *porque* ocurre que ese objeto cumple con la descripción apropiada. El "porque" en este enunciado debe entenderse causalmente, dado que se refiere a una ley física que se refiere al comportamiento del sistema —una ley que apoya contrafácticos y condicionales subjuntivos. Tales leyes son secuencias deductivas de la estructura específica del sistema y las teorías causales apropiadas que se refieren a la interacción de las partes del sistema. Todo ello en marcado contraste con la situación producida por la perspectiva conductista original. Aunque no dicen explícitamente eso, Rosenblueth y compañía parecen querer dar una definición *extensional* de la clase de objetivos-fines. Tal movimiento carecería científicamente de valor, dado que tal definición no se presta a hacer generalizaciones proyectables que involucren el comportamiento del servomecanismo en varias circunstancias contra-

<sup>18</sup> *Idem.*

fácticas posibles. El conductista puede, por supuesto, inferir inductivamente, con frecuencia y bastante precisión, cuál es la caracterización intencional de la clase de objetivos-fines, pero las consideraciones metodológicas (cf. nota 4 más arriba) lo limitan para hacer esto. En mi perspectiva, la inferencia deductiva disponible no se encuentra abierta para él.

Esto nos lleva a otro punto interesante. Supóngase que un misil *Sidewinder* es disparado y persigue alguna fuente de calor específica, por decir, un avión enemigo. En ese caso, podemos decir verdaderamente que el misil S-busca atinarle a una fuente de calor. Pero en esta ocasión sucede que la fuente de calor es numéricamente idéntica a un avión enemigo. ¿Podemos decir, sin cualificación, que el misil S-busca atinarle a un avión enemigo?

Nótese que las condiciones de verdad de los dos enunciados son diferentes: si asumimos que cada uno implica contrafácticos, el primero es verdadero, mientras que el segundo es falso —el misil S-buscaría *cualquier* fuente de calor, pero no S-buscaría *cualquier* nave enemiga. En particular, el misil no S-buscaría planeadores enemigos que no tengan motores que produzcan calor ni una nave enemiga cuyo motor hubiera sido apagado un tiempo antes como parte de una maniobra evasiva.<sup>19</sup>

El enunciado de Chisholm para su tercer criterio de intencionalidad dice así: "un nombre o descripción de una cierta cosa tiene una referencia indirecta en un enunciado si su reemplazamiento por un nombre diferente (o una descripción) de esa cosa resulta en un enunciado cuyo valor de verdad puede diferir de aquel del enunciado original. Un enunciado simple declarativo es intencional si contiene un nombre (o descripción) que tenga una referencia indirecta en ese enunciado".<sup>20</sup>

Si nuestros señalamientos acerca del cambio del valor de verdad con base en la sustitución de la descripción alternativa de "nave enemiga" son correctos, la expresión "fuente de calor" tiene una referencia indirecta en el enunciado "el misil Sidewinder S-busca atinarle a una fuente de calor".

No quiero insistir en haber cumplido con los tres criterios de Chisholm para enunciados acerca de servomecanismos dirigibles-a-fines. Los dos primeros no serían terriblemente significativos si no fuera por que muchos análisis han sido criticados por no poder cumplirlos, aun-

<sup>19</sup> Es posible, por supuesto, interpretar ambos enunciados no como enunciados causales singulares (que es lo que permite la consideración de los contrafácticos), sino de tal modo que ambos sean verdaderos. Joseph Camp me ha sugerido que lo que está sucediendo aquí es una equivocación entre el sentido opaco y el sentido transparente de "S-buscando", y que los enunciados que se refieren al comportamiento humano de búsqueda también tienen dos sentidos paralelos de buscar; uno transparente y otro turbio.

<sup>20</sup> Chisholm, *op. cit.*, p. 511.

que no con tantas palabras (el tercer criterio de Chisholm parece ser intuitivamente más significativo, pero aún en *este* caso me parece que se podría argumentar correctamente que la intencionalidad es otra forma de la intencionalidad de la explicación o una relación causal). Sin embargo, este punto no trivializa inmediatamente el asunto, ya que surge la cuestión de si ciertos casos de intencionalidad en el ámbito de la acción humana no podrían ser también de este modo. No tengo más que decir al respecto.

#### IV

Espero haber ofrecido un análisis de ciertos fenómenos que parecen tener un sabor definitivamente "teleológico", de modo tal que haya mostrado las características lógicas responsables de él. La pregunta que surge entonces es si este análisis captura todas las características del lenguaje teleológico tal y como se aplican a la naturaleza prepsicológica. Una condición necesaria para hacer eso parecería ser la posibilidad de ofrecer traducciones adecuadas en términos de este análisis para todos los enunciados del 1 al 7 que se dieron en la primera sección. Sugiero, sin embargo, que tal traducción es posible solamente para los enunciados 1 al 6. Ahora sabemos lo que quiere decir que la oruga es dirigible-a-fines con respecto a la luz, y sabemos (dado que en este análisis, "S-busca" solamente implica la presencia del *comportamiento* dirigible-a-fines y de los procesos controlados por retroalimentación negativa), que "el comportamiento que busca-fines no siempre resulta en la obtención de esos fines", es un enunciado verdadero. Pero, ¿qué podemos decir acerca de las otras palabras en estos enunciados? ¿Acaso el análisis nos dice qué significan "función", "adaptativo" y "desadaptado"? O, alternatively (viendo los enunciados 1' al 7' para los conceptos utilizados en los enunciados correspondientes), ¿tenemos alguna razón para atribuir algo siquiera análogo a propósitos, intenciones, razones para actuar y creencias correctas e incorrectas de los mecanismos dirigibles-a-fines? Sugiero que la respuesta debe ser no.

Podría pensarse que se podría definir "funcional" y "adaptativo" de alguna manera como sigue:<sup>21</sup> "el comportamiento de S-buscar un meca-

<sup>21</sup> G. Sommerhoff (*Analytical Biology*, Oxford, 1950) intenta definir el comportamiento adaptativo *vía* un análisis de lo que es dirigible-a-fines. Ernest Nagel (*The Structure of Science*, Harcourt, Brace and World, 1961, pp.410/4121) se apoya en Sommerhoff y parece en ciertos lugares afín a su perspectiva. El análisis que se critica aquí es en muchos aspectos un "hombre de paja", y sus análisis son siempre más sofisticados, pero vale la pena hacer notar que, pese a los presupuestos generales en contrario, *ninguno* de sus análisis captura la noción de control mediante retroalimentación negativa, y por tanto ni siquiera tiene éxito como análisis de los conceptos de "dirigible-a-fines".

nismo dirigible-a-fines es funcional o adaptativo *si* resulta en la obtención de su objetivo". Pero existen muchos problemas con este intento. Mencionaré solamente unos cuantos que considero importantes y que parecen producir problemas para la mayoría de los análisis de este tipo general: 1) Los biólogos aplican claramente los términos "funcional" y "adaptativo" a características y procesos que no son ejemplos de estructuras de comportamiento dirigibles-a-fines (por ejemplo, "la coloración adaptativa es funcional"). 2) Con este análisis, "la obtención-de-fines no siempre resulta en el cumplimiento de la función" es un enunciado lógicamente contradictorio, pero la mayoría de los biólogos lo considerarían verdadero y significativo. 3) Este análisis putativo implicaría que la función del tropismo en la oruga es llevarla a la luz, pero la mayoría de los biólogos dirían (véase el enunciado 2) que su función es llevar a la oruga a la comida. 4) Si un accidente de la naturaleza estadísticamente improbable llevara a la creación "de un solo golpe" de un mecanismo dirigible-a-fines (por decir, a un misil Sidewinder totalmente operativo del último tipo), este análisis llevaría a la atribución de funciones para sus partes, pero la mayoría de los biólogos, de nuevo, estarían en desacuerdo.

Claramente los biólogos utilizan algún otro criterio para determinar si algo es o no funcional o adaptativo. Sugiero que esos criterios son algo así como lo que sigue:

1) La existencia y forma de la entidad que tiene o efectúa el dispositivo o el comportamiento adaptativo o funcional es el producto de un proceso evolutivo.

2) La entidad que tiene el dispositivo funcional, etc., es un organismo biológico.

3) El tener o efectuar lo funcional o adaptativo tiende a maximizar la probabilidad de sobrevivencia en el ambiente normal de los organismos *de ese tipo*.<sup>22</sup>

Un análisis de los enunciados funcionales en biología que toma en cuenta estos criterios resulta en enunciados que pueden cumplir también con los tres criterios de Chisholm. Considérese el enunciado "la función del mecanismo trópico y del comportamiento que causa es con-

<sup>22</sup> Tentativamente explayaría este criterio como "maximizar la probabilidad de sobrevivencia de los genes del mismo tipo que los que contiene ese organismo en la generación 1", aunque esto tampoco sea completamente satisfactorio. Una definición como ésta parece requerirse en las interpretaciones ortodoxas modernas de la teoría evolutiva, aunque la ortodoxia de Fisher, Haldane y Wright no está libre de oponentes y, de hecho, sus defensores aparentes están tan lejos del espíritu de la interpretación ortodoxa como sus propios oponentes. Nótese que esta definición hace que la sobrevivencia del organismo individual sea secundaria a la existencia, en la siguiente generación de organismos que portan los mismos genes. Una de las limitaciones de la perspectiva de Sommerhoff-Nagel es que haría de la sobrevivencia del organismo particular lo principal.

ducir a la oruga a la comida". Éste, por tanto, no implica 1) que la comida de la oruga exista en el presente o 2) que el mecanismo o el comportamiento que produce lleve, en todo caso, a la oruga a la comida. Más aún, supóngase que un estado particular de obtención de comida de la oruga sea un estado en el que la oruga es simultáneamente comida por un pájaro. 3) Sería falso, sin embargo, decir que la función del mecanismo trópico y del comportamiento que causa es conducir a la oruga a ser comida por un pájaro. Así, los tres criterios de Chisholm se cumplen en los enunciados funcionales de la biología. Más allá de esto, sostengo que los enunciados funcionales cumplen en general los criterios, pero no intentaré documentarlo aquí.

Los criterios de Chisholm se cumplen tanto al hablar de servomecanismos dirigibles-a-fines, como de funciones. ¿Qué tan cerca están estos dos tipos de discurso en otros aspectos? Para considerar esta pregunta debemos mirar primero más de cerca los enunciados funcionales.

Supongamos que hablamos del proceso evolutivo como de aquel que tiene la *finalidad* de maximizar la probabilidad de sobrevivencia de los organismos de la generación 1 en las distintas líneas evolutivas. Esto se toma como el criterio último en términos del cual se juzga el cumplimiento de la función biológica. Pero la obtención de fines de un organismo dirigible-a-fines se encuentra, cuando mucho, contingentemente asociada (en el ambiente normal) con la maximización de esta probabilidad, y por esto la obtención de fines no puede ser el criterio último en términos del cual puede juzgarse la función. Esto queda ejemplificado con el comportamiento de la oruga en el ambiente experimental, donde la oruga buscó la luz a pesar de que hacerlo significara ignorar la comida. Pero igualmente obvio es que buscar y obtener comida *simpliciter* está contingentemente conectado con la maximización de la probabilidad de sobrevivencia y por esta razón, los conejos por ejemplo, tienden a dejar de seguirse alimentando cuando sienten la cercanía de un predador. Estos ejemplos apuntan a una de las características confusas de los enunciados funcionales —esto es, que se puede señalar como la función de una característica otra característica que está más cercanamente conectada con, pero es lógicamente distinta del fin último. Así, las "jerarquías funcionales" se generan con el fin último en lo más alto y un cierto número de fines subsidiarios debajo de él, cada uno con fines aún más subsidiarios debajo. La obtención de los fines menores tiende a promover, pero no garantiza, obtener el siguiente fin más alto. Al respecto, la jerarquía funcional tiene un claro parecido con las jerarquías de medios-fines que se generan en casos complejos de comportamiento intencional humano y toma de decisiones.

Comenzando al nivel del comportamiento (se podría empezar "más

abajo”), una jerarquía funcional de la oruga podría ser la siguiente: buscar la luz → encontrar comida → mantener la homeostasis interna → promover la sobrevivencia para la reproducción → reproducción de la descendencia fértil → maximizar la probabilidad de sobrevivencia de los genes de la generación *I* de la oruga.

Para generar una jerarquía funcional similar para el misil Sidewinder tendríamos que apelar a las intenciones humanas para las cuales fue diseñado. Así, esta podría ser: buscar fuentes de calor → atinarle a una nave enemiga → lograr la superioridad aérea → ganar guerras → instrumentar la política exterior y doméstica → alcanzar los objetivos nacionales.

Ahora bien, es interesante contrastar como el tercer criterio de Chisholm se cumple en los enunciados del tipo “dirigible-a-fines” y “función”. Nótese que la descripción apropiada en los dos casos anteriores mencionaría las “fuentes de calor” y la “fuente de luz” al describir objetivos-fines, pero al describir las funciones mencionaría las naves enemigas y la comida de la oruga. La sustitución de las otras descripciones aplicables resultaría en un enunciado falso en cada caso. Así, la descripción que es inapropiada para uno es apropiada para otro y a la inversa. La razón es que usamos criterios diferentes para determinar la descripción correcta aplicable en cada caso —criterios estructurales internos para describir la clase de objetivos-fines y criterios externos para los fines (sean biológicos o humanos) que buscan las características funcionales—. Nótese que en el último caso, pero *no* en el primero, es apropiado hablar de fines y, de hecho, se *requiere* hacerlo.

Vale la pena hacer notar otro contraste: en ambos casos podemos elaborar enunciados que incluyan la palabra “porque”. De este modo, el enunciado “la oruga se mueve como lo hace *porque* busca la luz” debe ser construido como un enunciado causal sobre el mecanismo dirigible-a-fines. Pero, ¿podemos dar una interpretación causal similar para el “porque” del enunciado “la oruga busca la luz porque buscar la luz conduce a la comida”? Pareciera que en este último, pero no en el primero, podemos sustituir el “porque” por “con el objetivo de”, sin cambiar el valor de verdad del enunciado.<sup>23</sup> Así pues, el último, pero no el primero, parece tener una explicación teleológica. Es claro que no podemos dar una interpretación *sintáctica* similar para el “porque” de los dos enun-

<sup>23</sup> La situación se complica aquí por que el primer enunciado es ambiguamente interpretable, ya sea como un enunciado “dirigible a fines” o como un enunciado “funcional” (de un nivel más bajo en la jerarquía funcional que el segundo enunciado). Así, parece que “con el objeto de” es también apropiado en el primer enunciado, pero para ello este tiene que ser interpretado como un enunciado funcional. Que el mismo enunciado tenga estas dos interpretaciones no significa, por supuesto, que estas dos interpretaciones sean sinónimas. De hecho, he argumentado que no lo son.



ciados, ya que el segundo nos comprometería con una "causalidad retrospectiva".

Sin embargo, la utilización de la teoría evolutiva para determinar el criterio en términos del cual los enunciados funcionales deben ser evaluados, sugiere otra manera en que se pueden dar interpretaciones causales a los enunciados funcionales. Si algo es funcional (y ya expliqué este término), existen presiones de selección positivas para mantener e incrementar la eficiencia de esa característica. Esto quiere decir que la funcionalidad de un carácter es responsable de su evolución. Así, el hecho de que *en el pasado* los tropismos hayan sido responsables de conducir orugas *pasadas* a la comida es causalmente responsable de la presencia de tropismos en los descendientes evolutivos de esas orugas, es decir, en las orugas que están a consideración en el presente. De este modo, si uno interpreta el enunciado funcional como ambiguo con respecto al presente, es posible construirlo de un modo causal. Este movimiento sería de poca importancia si no fuera por que existe una fuerte tendencia, entre algunos biólogos y científicos sociales, a construir enunciados funcionales con el objeto de dar explicaciones sobre la existencia de un carácter funcional. Esta tendencia ha sido criticada ampliamente en los textos filosóficos y científicos. Lo que he aportado aquí es una manera en la que esta afirmación puede verse como coherente.

Existen varias cuestiones que he dejado sin resolver en el presente artículo: 1) He sugerido la necesidad de que, al hablar en torno a fines, se haga de una manera apropiada como para usar lenguaje "funcional". He sostenido, pero no he defendido, que hablar de fines es apropiado en conexión con la teoría evolutiva. 2) He sostenido que en esta etapa es posible ofrecer traducciones para todos los enunciados del 1 al 7. Los enunciados 1' al 7' correspondientes contienen conceptos cruciales en el lenguaje de la acción humana. ¿Acaso hablar de "función" tiene más analogías lógicas con el discurso de la "acción humana" que no se sostienen al nivel de lo "dirigible-a-fines"? Sugiero que sí. 3) Éste es más bien un análisis reconstructivo del significado de los enunciados funcionales en biología. El uso de muchos biólogos (y el análisis de muchos filósofos) difiere de manera importante de lo que aquí he ofrecido. ¿Puede justificarse que se adopte ese movimiento reconstructivo? 4) He sugerido una manera en la que los enunciados funcionales en biología pueden ser interpretados como explicaciones causales de la existencia de caracteres funcionales. ¿Podría ser fructífero un movimiento similar al analizar las explicaciones de la acción humana? Tengo más que decir sobre estos puntos, por lo que estaría feliz de elaborarlos más exhaustivamente en el periodo de discusión.

## XXV. TELEOLOGÍA Y ADAPTACIÓN EN LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

FRANCISCO J. AYALA

### EL CONCEPTO DE TELEOLOGÍA

El *Diccionario de la Lengua Española* publicado por la Real Academia Española (19ª edición, 1970), define la teleología (del griego *telos* = fin) como "la doctrina de las causas finales". Un diccionario de la lengua inglesa, la define como "el uso del diseño, propósito o utilidad como explicación de cualquier fenómeno natural" (*Webster's Third New International Dictionary*, Nueva York, 1966). Se dice que un objeto o proceso es teleológico o télico cuando manifiesta diseño o está dirigido hacia un determinado fin. Una persona que compra un pasaje de avión, que lee un libro o que cultiva la tierra, intenta conseguir cierto fin: llegar a una ciudad determinada, ampliar sus conocimientos o bien, conseguir alimentos. Los objetos y las máquinas que hace el hombre generalmente también son teleológicos: un cuchillo está hecho para cortar, un reloj para dar la hora, un termostato para regular la temperatura. Las características de los organismos también son teleológicas: las alas de un ave sirven para volar, los ojos para ver, los riñones están constituidos para regular la composición de la sangre. Las características de los organismos que pueden denominarse teleológicas son aquellas que pueden identificarse como adaptaciones, ya sean estructuras como un ala o una mano, ya sean órganos como el riñón, ya sean comportamientos como la parada nupcial del pavo real. Las adaptaciones son características de los organismos que han sido producidas por la selección natural, ya que cumplen ciertas funciones y de este modo incrementan el éxito reproductor de sus portadores.

Los objetos y procesos inanimados (exceptuando los creados por el hombre) no son teleológicos porque no están dirigidos hacia fines específicos, no existen para cumplir ciertos fines. La configuración de una molécula de cloruro sódico depende de la estructura del sodio y del cloro, pero carece de sentido decir que la estructura está presente para cumplir cierto fin. La forma de una montaña es el resultado de determinados procesos geológicos, pero no ha surgido para cumplir un fin determinado. El desplazamiento de la Tierra alrededor del Sol resulta de las leyes

de la gravedad, pero no existe para satisfacer ciertos fines o propósitos. Podemos utilizar el cloruro sódico como alimento, podemos utilizar una montaña para esquiar y podemos sacar partido de las estaciones, pero el uso que hagamos de estos objetos o fenómenos no es la razón por la que surgieron o por la que han adoptado determinadas configuraciones. Por otra parte, un cuchillo y un coche existen y tienen una configuración determinada precisamente para poder cortar y servir como medio de transporte. De modo similar, las alas de las aves surgieron precisamente porque permitían volar, lo que confería cierta ventaja reproductora. La parada nupcial del pavo real surgió porque incrementaba la probabilidad de apareamiento y por tanto de dejar progenie.

Las observaciones anteriores destacan las características esenciales de los fenómenos télicos, es decir, de aquellos fenómenos cuya existencia y configuración puede explicarse teleológicamente. Pasaré, pues, a proponer la siguiente definición: *Las explicaciones teleológicas son aquellas que dan cuenta de la existencia de una característica determinada en un sistema al demostrar la contribución de dicha característica a una propiedad o estado específicos del sistema.* Las explicaciones teleológicas requieren que la característica o comportamiento contribuya a la existencia o al mantenimiento de cierto estado o propiedad del sistema. Más aún, y éste es precisamente el componente esencial del concepto, dicha contribución *ha de ser la razón de la existencia de la característica o del comportamiento.*

La configuración de una molécula de cloruro sódico contribuye a que tenga gusto salado y por tanto a que se utilice en la condimentación, pero no al revés; el uso potencial del cloruro sódico en la alimentación no es la razón por la que tiene una determinada configuración molecular o por la que es salado. El desplazamiento de la Tierra alrededor del Sol es la causa de la existencia de las estaciones; la existencia de las estaciones no es la causa por la que la Tierra se desplaza alrededor del Sol. Por otra parte, el carácter afilado de un cuchillo puede explicarse teleológicamente, ya que el cuchillo ha sido creado precisamente para que corte. Los coches y la configuración de los mismos existen porque sirven para el transporte y por esto pueden explicarse teleológicamente. (No todas las características de un coche contribuyen a un transporte eficaz: algunas características se añaden por razones estéticas o de otro tipo. Pero, en tanto se añade una característica porque presenta ciertas propiedades —como la atracción de las preferencias estéticas de los usuarios potenciales— puede explicarse teleológicamente. A pesar de todo, pueden existir características en un coche, en un cuchillo o en cualquier otro objeto hecho por el hombre, que no tengan que ser explicadas teleológicamente. El que los cuchillos presenten un mango puede explicarse teleológicamente, pero que un mango determinado esté hecho de pino y

no de roble puede deberse sencillamente a la disponibilidad del material. De manera similar, no todas las características de un organismo tienen explicaciones teleológicas).

Muchas de las características y de los comportamientos de los organismos cumplen las exigencias de la explicación teleológica. La mano del hombre, las alas de las aves, la estructura y función de los riñones, las paradas nupciales de los pavos reales, son ejemplos ya citados. Como ya se ha indicado, en general las características y comportamientos que pueden ser considerados como adaptaciones pueden explicarse teleológicamente. Esto se debe sencillamente a que las adaptaciones son características aportadas por la selección natural. De las distintas variantes genéticas que pueden surgir por mutación o por recombinación, las que se establecen en una especie son las que contribuyen más al éxito reproductor de los individuos que las presentan. El efecto sobre el éxito reproductor se halla, por lo general, mediado por alguna función o propiedad. Las alas y las manos han adquirido su configuración actual por acumulación a largo plazo de variantes genéticas adaptativas para los portadores de las mismas. Una característica puede ser debida a una sola mutación génica, como por ejemplo, la presencia de hemoglobina normal en el hombre y no de hemoglobina S (que causa la anemia falciforme, muy común en ciertos países tropicales). La sustitución de un solo aminoácido en la cadena beta humana da lugar a moléculas de hemoglobina menos eficaces para el transporte de oxígeno. La presencia generalizada de hemoglobina normal y no de hemoglobina S en las poblaciones humanas, puede explicarse teleológicamente por la contribución de la hemoglobina al transporte eficaz del oxígeno y por tanto al éxito reproductor. De manera semejante (usando un ejemplo que, como el anterior, es muy bien conocido), la diferencia entre las polillas claras y las melánicas se debe a una sola pareja de genes o a unas pocas. La sustitución de las polillas claras por las melánicas en las regiones contaminadas, se explica teleológicamente porque el melanismo disminuye la probabilidad de depredación en dichas regiones. El predominio de las formas claras en las regiones no contaminadas se explica de manera similar.

No todas las características de los organismos han de explicarse teleológicamente, ya que no todas surgen como resultado directo de la selección natural. Algunas características pueden llegar a establecerse por deriva genética, por asociación aleatoria con caracteres adaptativos o en general por procesos distintos a la selección natural. Quienes proponen la teoría neutralista de la evolución de las proteínas, sostienen que muchas variantes proteicas alternativas son adaptativamente equivalentes. Muchos evolucionistas admitirían que al menos en determinados casos, las diferencias selectivas entre variantes proteicas alternativas deben ser

virtualmente nulas, sobre todo cuando el tamaño de la especie es muy pequeño. La presencia en una especie, de una secuencia de aminoácidos y no de otra adaptativamente equivalente a la primera, no necesitaría ser explicada teleológicamente. La presencia de una proteína adaptativa en lugar de una no adaptativa se explicaría teleológicamente; pero entre estas proteínas adaptativamente equivalentes, la presencia de una proteína en vez de otra, no requeriría una explicación teleológica.

#### TELEOLOGÍA NATURAL Y TELEOLOGÍA ARTIFICIAL

En las páginas anteriores he usado como ejemplos de fenómenos teleológicos algunos objetos hechos por el hombre, y algunos caracteres adaptativos de los organismos. Ahora pasaré a distinguir explícitamente varios tipos de fenómenos teleológicos (Ayala, 1968, 1969).

Se dice que las acciones u objetos son *intencionados* cuando su estado final ha sido conscientemente anticipado por un agente. De este modo, un hombre que esté cortando el césped está actuando teleológicamente en el sentido de intención; un león que cace un reno y un pájaro que construya su nido presentan al menos aparentemente un comportamiento intencionado. Los objetos que resultan de un comportamiento intencionado, presentan teleología *artificial* (o *externa*). Un cuchillo, una mesa, un coche y un termostato constituyen ejemplos de sistemas con teleología artificial: sus características teleológicas son el resultado de la intención consciente de algún agente.

Los sistemas con características teleológicas que no se deben a la acción intencionada de un agente, sino que resultan de algún proceso natural, presentan teleología *natural* (o *interna*). Las alas de las aves tienen teleología natural; sirven para un fin, volar, pero su configuración no se debe al diseño consciente de alguien. Se pueden, además, distinguir dos tipos de teleología natural: la *determinada* o necesaria y la *indeterminada* o inespecífica. Existe teleología natural determinada cuando se alcanza un estado final específico a pesar de las fluctuaciones ambientales. El desarrollo de un huevo hasta formar una gallina o el de un cigoto humano hasta formar una persona, son ejemplos de procesos de teleología natural determinada. La regulación de la temperatura corporal de un mamífero constituye otro ejemplo. Por lo general, los procesos homeostáticos de los organismos son buenos ejemplos de teleología natural determinada. Generalmente se diferencian dos tipos de homeostasis —la fisiológica y la del desarrollo—, aunque pueden existir condiciones intermedias. Las reacciones fisiológicas homeostáticas permiten a los organismos mantener determinados equilibrios fisiológicos y dinámicos

a pesar de las alteraciones ambientales. Como ejemplos de homeostasis fisiológica podemos citar la regulación de la concentración de sal en la sangre por parte de los riñones, o la hipertrofia del músculo debida a su uso activo. La homeostasis del desarrollo se refiere a la regulación de las distintas vías que puede seguir un organismo en la progresión desde óvulo fecundado hasta adulto. El proceso puede verse influido por el ambiente en varias formas, pero las características del adulto están predeterminadas en el cigoto, al menos dentro de ciertos límites.

Se da teleología indeterminada o inespecífica cuando el estado final al que se tiende no está predeterminado específicamente, sino que más bien, es el resultado de la selección de una de las diversas opciones existentes. Pero las opciones presentes pueden depender de circunstancias ambientales o históricas y por eso el estado final no resulta generalmente predecible.

La teleología indeterminada es el resultado de una mezcla de sucesos estocásticos (al menos desde el punto de vista del sistema teleológico) y deterministas. Las adaptaciones de los organismos son teleológicas en este sentido indeterminado. Las alas de las aves requieren explicaciones teleológicas: llegaron a producirse las constituciones genéticas responsables de la configuración de las alas porque éstas sirven para volar y volar contribuye al éxito reproductor de las aves. Pero, en la constitución de los antepasados remotos de las aves no había nada que exigiese la aparición de alas en sus descendientes. Las alas surgieron como consecuencia de una larga secuencia de acontecimientos, habiéndose seleccionado en cada etapa la opción más ventajosa de las existentes en ese momento; pero, las opciones presentes en un momento determinado dependían, al menos en parte, de sucesos aleatorios. A pesar del papel que los sucesos estocásticos han desempeñado en la historia filogenética de las aves, sería erróneo decir que las alas no son características teleológicas.

Nuevamente encontramos que existen diferencias entre la teleología de las adaptaciones de un organismo y el empleo potencial no teleológico de los objetos naturales inanimados. Una montaña puede presentar características adecuadas para esquiar, pero estas características no surgieron para suministrar pistas de esquí. En el otro extremo, las alas de las aves surgieron precisamente porque sirven para volar. La razón que explica la existencia de las alas, así como su configuración, es precisamente la misión que cumplen —volar—, que a su vez contribuye al éxito reproductivo de las aves. Si las alas no tuviesen una función adaptativa nunca hubiesen surgido o bien irían desapareciendo gradualmente en el transcurso de las generaciones.

El carácter indeterminado del resultado de la selección natural a lo

largo del tiempo se debe a cierta variedad de factores no deterministas. El resultado de la selección natural depende en primer lugar de las variantes genéticas presentes en un momento determinado. Esto depende, a su vez, de los procesos estocásticos de mutación y recombinación y, asimismo, de la historia de cualquier especie concreta. (Los genes nuevos que pueden surgir por mutación y las constituciones genéticas nuevas que pueden formarse por recombinación dependen de los genes presentes en un momento determinado; esto a su vez, depende de la historia anterior). El resultado de la selección natural también depende de las condiciones del ambiente físico y biótico. Entre las variantes genéticas disponibles, cuáles serán favorecidas por la selección en un momento determinado, depende del conjunto concreto de condiciones ambientales al que esté expuesta la especie.

#### LOS CRÍTICOS Y SUS ERRORES

Algunos evolucionistas han rechazado las explicaciones teleológicas porque no han reconocido los diversos significados que puede tener el término "teleología" (Pittendrigh, 1958; Mayr, 1965, 1974; Williams, 1966; Ghiselin, 1974). Estos biólogos actúan correctamente al excluir ciertas formas de teleología de las explicaciones evolutivas, pero se equivocan al afirmar que todas las explicaciones teleológicas tendrían que ser excluidas de la teoría evolutiva. Estos mismos autores utilizan en realidad explicaciones teleológicas en sus trabajos, pero no quieren reconocerlas como tales, o bien, prefieren llamarlas de alguna otra forma, como por ejemplo "teleonómicas". Como ya se ha dicho, las explicaciones teleológicas resultan apropiadas en la teoría evolutiva, y la mayoría de los biólogos y filósofos de la ciencia que han considerado concienzudamente el tema, las reconocen como tales (Beckner, 1959; Nagel, 1961; Simpson, 1964; Dobzhansky, 1970; Ayala, 1968, 1969; Wimssatt, 1972; Hull, 1974). Puede especificarse abreviadamente el tipo de explicaciones teleológicas que resultan adecuadas y las que resultan inadecuadas en relación con distintos problemas biológicos.

Mayr (1965) ha indicado que se han aplicado explicaciones teleológicas a dos conjuntos distintos de fenómenos biológicos. Por una parte tenemos la producción y el perfeccionamiento a lo largo de la historia de los reinos animal y vegetal de los programas cada vez nuevos y mejores de información contenida en el ADN. Por otra parte, nos encontramos con el poner a prueba dichos programas y decodificarlos a lo largo de la vida de cada individuo. Existe una diferencia fundamental entre las actividades funcionales o los procesos direccionales de desarrollo de

un individuo o sistema que están controlados por un programa, y la mejora constante de los programas codificados genéticamente. Esta mejora genética constituye la adaptación evolutiva controlada por la selección natural.

La "decodificación" y el "poner a prueba" los programas genéticos de información constituyen los aspectos considerados por la biología del desarrollo y por la biología funcional respectivamente. Los procesos históricos y causales que determinan el surgimiento de programas genéticos de información, constituyen el campo de la biología evolutiva. Grene (1974) utiliza el término "instrumental" para la teleología de órganos que actúan de manera funcional, como por ejemplo la mano para agarrar; el término "del desarrollo" para la teleología de procesos como la maduración de un miembro, y el término "histórico" para el proceso (la selección natural) que da lugar a los sistemas teleológicamente organizados.

Los órganos y características como la mano y el ojo presentan teleología natural determinada (e interna). Estos órganos cumplen un determinado fin (agarrar o ver), pero han surgido por procesos naturales que no implican el diseño consciente de alguien. Las reacciones fisiológicas homeostáticas y el desarrollo embrionario también son procesos con teleología natural determinada. Estos procesos dan lugar a estados finales (desde el huevo hasta la gallina), o conservan propiedades (la temperatura del cuerpo de un mamífero) que en conjunto están determinadas. De este modo la "decodificación" de los programas informativos del ADN de Mayr y la teleología "instrumental" y "del desarrollo" de Grene, cuando se aplican a organismos, constituyen casos de teleología natural determinada (Mayr prefiere utilizar el término "teleonomía" para este tipo de teleología). Las herramientas (tales como un cuchillo), las máquinas (como un coche) y los servomecanismos (como un termostato) creados por el hombre, también presentan teleología determinada, pero en este caso, del tipo artificial, ya que han sido diseñados conscientemente.

El proceso de la selección natural es teleológico, pero únicamente en el sentido de teleología natural indeterminada. No ha sido diseñado conscientemente por nadie, ni tampoco está dirigido hacia un estado final específico o predeterminado. No obstante, el proceso no es ni mucho menos aleatorio o completamente indeterminado. De todas las opciones genéticas presentes en un momento determinado, la selección natural favorece las que incrementan el éxito reproductor de los individuos que las presentan, en las circunstancias particulares en las que vive ese organismo. El éxito reproductor se halla, desde luego, mediado por alguna función adaptativa, digamos volar, que está determinada por las variantes genéticas que son favorecidas por la selección natural.

Algunos autores excluyen las explicaciones teleológicas de la biología



evolutiva porque creen que la teleología sólo existe cuando se busca intencionadamente un fin específico. No es así. Podrían utilizarse otros términos distintos a "teleología" para la teleología natural (o interna), pero en el fondo esto podría aportar más confusión que claridad. Los filósofos, al igual que los científicos, utilizan el término "teleológico" en el sentido más amplio, incluyendo explicaciones que responden de la existencia de un objeto en términos del estado final o del fin que cumplen.

El proceso de la evolución por medio de la selección natural no es teleológico en el sentido intencionado. Santo Tomás de Aquino y los teólogos naturalistas del siglo XIX, sostenían que la organización direccional de los seres vivos prueba la existencia de un diseñador. Pero esto es erróneo. Las adaptaciones de los organismos pueden ser explicadas como el resultado de procesos naturales sin necesidad de recurrir a productos finales buscados conscientemente. Existen actividades intencionadas en el mundo, al menos en el hombre; pero la existencia y la estructura particular de los organismos, incluido el hombre, no necesitan ser explicadas como el resultado de una conducta intencionada.

Lamarck (1809) creyó erróneamente que el cambio evolutivo tenía lugar necesariamente a lo largo de vías determinadas que iban desde los organismos más sencillos a los más complejos. De modo similar, las filosofías evolutivas de Bergson (1907), Teilhard de Chardin (1959) y teorías como la *nomogénesis* (Berg, 1926), *aristogénesis* (Osborn, 1934), *ortogénesis* y similares, son erróneas porque sostienen que el cambio evolutivo se produce necesariamente a lo largo de determinadas vías. Estas vías toman erróneamente como modelo de cambio evolutivo el desarrollo embrionario y consideran la teleología de la evolución del tipo determinado. Aunque en el mundo animado existen procesos determinados teleológicamente, como el desarrollo embrionario la homeostasis fisiológica, el origen evolutivo de los seres vivos sólo es teleológico en el sentido indeterminado. La selección natural no dirige la evolución hacia unos organismos en particular, ni hacia unas propiedades determinadas.

Las explicaciones teleológicas son perfectamente compatibles con las explicaciones causales<sup>1</sup> (Nagel, 1961; Ayala, 1969). Resulta posible, al menos en principio, dar una explicación causal de los diversos procesos físicos y químicos del desarrollo de un huevo hasta gallina o de las interacciones fisicoquímicas, nerviosas y musculares implicadas en el funcionamiento del ojo. También resulta posible en principio describir los procesos causales por los que una variante genética se establece con el tiempo en una especie. Pero estas explicaciones causales no hacen que

<sup>1</sup> Aquí, como en otras partes de este artículo, utilizo el término "causa" y sus derivados, de acuerdo con el uso común entre científicos y muchos filósofos, en el sentido de "causa eficiente", según el uso de Aristóteles y los escolásticos.

resulte adecuado. En tales casos se requieren tanto las explicaciones teleológicas como las causales.

### SELECCIÓN NATURAL Y ADAPTACIÓN

Una de las preguntas que los biólogos se hacen acerca de las características de los organismos es "¿Para qué?", es decir, "¿Cuál es la función o el papel de una determinada estructura o proceso?" La respuesta a esta pregunta puede formularse teleológicamente. Una explicación causal del funcionamiento del ojo es satisfactoria en tanto sea correcta, pero no nos dice todo lo importante acerca del ojo; en realidad que sirve para ver. Los biólogos evolucionistas están interesados en la pregunta de por qué en una población se ha establecido una variante genética determinada y no otra. Esta pregunta también requiere explicaciones teleológicas del tipo: "Los ojos surgieron porque sirven para ver y la visión incrementa el éxito reproductor de determinados organismos en circunstancias particulares". En realidad los ojos han surgido en varias líneas evolutivas independientes: cefalópodos, artrópodos, vertebrados. Existen dos preguntas que han de ser consideradas en toda explicación teleológica de los sucesos evolutivos. En primer lugar, existe el problema de cómo contribuye una variante genética al éxito reproductor; una explicación teleológica afirma que una constitución genética existente (digamos, el alelo que codifica la cadena beta normal de la hemoglobina) favorece más el éxito reproductor que las demás constituciones. Queda aún la pregunta de cómo la constitución genética específica de un organismo favorece el éxito reproductor del mismo; una explicación teleológica afirma que una constitución genética determinada cumple una misión específica (por ejemplo, la composición molecular de la hemoglobina desempeña un papel en el transporte de oxígeno).

Ambas preguntas requieren hipótesis teleológicas que pueden ser probadas empíricamente. A veces sucede, no obstante, que sólo se dispone de información para responder a una de las preguntas pero no a las dos. En genética de poblaciones a menudo puede medirse el efecto sobre la eficacia biológica de constituciones genéticas distintas, mientras que puede resultar difícil identificar la función adaptativa responsable de las diferencias de eficacia biológica. Sabemos, por ejemplo, que en la mosca *Drosophila pseudoobscura*, en distintas épocas del año, la selección natural favorece distintos tipos de cromosomas, pero desconocemos los procesos fisiológicos implicados.

En la descripción histórica de las secuencias evolutivas, el problema a veces se invierte: puede resultar fácil identificar la función que cumple un órgano o estructura, pero puede resultar difícil saber por qué el des-

arrollo de dicha característica incrementó el éxito reproductor y por eso fue favorecido por la selección natural. Un buen ejemplo es el gran cerebro del hombre, que hace posible la cultura y otros importantes atributos humanos. Podemos emitir hipótesis acerca de las ventajas reproductoras de un mayor tamaño del cerebro en la evolución del hombre, pero estas hipótesis resultan notoriamente difíciles de probar empíricamente.

Las explicaciones teleológicas tienen gran valor heurístico en biología evolutiva, pero pueden ser también fáciles, precisamente cuando son formuladas de manera que son difíciles de rechazar empíricamente. Las explicaciones teleológicas deben formularse como hipótesis que puedan someterse a pruebas empíricas. Cuando no puedan formularse pruebas empíricas apropiadas, los biólogos evolucionistas tendrán que utilizar las explicaciones teleológicas con gran reserva (véase Williams, 1966).

Según la teoría darwiniana de la evolución, la selección natural es el proceso responsable de las adaptaciones de los organismos y también el principal proceso que provoca el cambio evolutivo. El principio de la selección natural, junto con algunas hipótesis subsidiarias generalmente bien corroboradas (como la teoría mendeliana de la herencia), puede explicar gran número de fenómenos del mundo animado, tal como la diversidad de los organismos, el cambio gradual a través del tiempo y las notables adaptaciones al ambiente.

La teoría de la evolución mediante la selección natural propone argumentos de acuerdo con la siguiente forma general. Entre las distintas variantes genéticas que existen en una especie dada, algunas dan lugar a características útiles para sus portadores como adaptaciones al ambiente. Es probable que por término medio los individuos con adaptaciones útiles dejen mayor número de descendientes que los individuos que no presentan dichas adaptaciones (o que presentan adaptaciones no tan útiles). De esta forma se establecen en las especies las adaptaciones útiles.

La expresión "selección natural" fue introducida por Darwin para referirse al proceso por el cual los individuos que tienen características hereditarias ventajosas dejan (en promedio) más descendientes que los que carecen de ellas; de lo que se sigue que tales características aumentan en frecuencia en los descendientes a costa de las características menos ventajosas.

El concepto moderno de selección natural es fundamentalmente el mismo de Darwin, pero formulado con más detalle y precisión. En particular, el proceso se describe hoy día en términos genéticos, como la reproducción diferencial de alelos o genotipos que favorecen la adaptación al ambiente de sus portadores. Además, se ha desarrollado una teoría matemática que permite medir la selección, especificar las condiciones importantes en casos particulares, y predecir el resultado del proceso.

Hay dos tipos de problemas con los que nos enfrentamos en las explicaciones de la evolución mediante la selección natural. Uno consiste en determinar si la selección natural se halla implicada en un determinado cambio genético; el segundo consiste en identificar en concreto la adaptación implicada en el cambio genético.

El primer problema es del que se ocupan principalmente los genéticos que investigan la evolución. Los efectos de la selección natural pueden medirse de manera semejante a como se mide la longitud de una calle o el peso de un animal. La longitud se mide con el metro, y el peso con el kilo; el parámetro usado para medir los efectos de la selección natural se llama "eficacia biológica" o "adecuación", ambos términos son usados en castellano para traducir el término originalmente introducido en inglés como "*Darwinian fitness*" o simplemente "*fitness*". La eficacia biológica se puede medir en términos absolutos o relativos, pero no necesitan discutirse aquí, ni esta distinción, ni los métodos usados para obtener las medidas apropiadas.

Es fácil comprender porqué la selección natural promueve la adaptación de los organismos al ambiente en que viven. Cualquier variante hereditaria que aumente la probabilidad de que el organismo sobreviva y se reproduzca, aumentará en frecuencia en las siguientes generaciones, precisamente porque los organismos portadores de tales variantes dejan más descendientes que los que carecen de ellas. Lo que finalmente cuenta es el número de descendientes, por lo cual es posible describir el proceso simplemente en términos de eficacia reproductora, aun cuando otros componentes entran en juego, pues para reproducirse hay que sobrevivir, encontrar pareja y ser fértil.

Las variantes desfavorables (o menos favorables: la selección natural es un proceso relativo o diferencial) eventualmente son eliminadas por selección natural; sus portadores dejan menos descendientes que los portadores de las variantes favorables. Las mutaciones favorables se van, pues, acumulando a través de las generaciones.

¿Cuáles son los genes que favorecen la eficacia reproductiva? Precisamente aquellos que son útiles como adaptaciones; es decir, aquellos que facilitan la percepción del ambiente (como los sentidos corporales), conseguir y procesar alimentos, tolerar la temperatura, evitar depredadores y muchas otras características que se conocen con el nombre general de "adaptaciones" a las circunstancias en que vive el organismo.

Es precisamente como consecuencia de la selección natural que los seres vivos son "organismos", es decir, están bien organizados, consisten de partes bien integradas entre sí, y pueden llevar a cabo las funciones apropiadas para el estilo de vida del organismo: el pez en el mar, el pájaro volando, las cebras comiendo hierba y evitando los animales de presa.

El proceso de selección natural continúa indefinidamente, puesto que sólo requiere que existan variantes hereditarias que afecten la eficiencia reproductora de los organismos. Tales variantes aparecen por mutación, si es que no están ya presentes en la especie. El proceso es facilitado porque los ambientes en que viven los organismos están siempre cambiando. Los cambios ambientales incluyen no sólo el clima y otros aspectos físicos, sino también el entorno biológico, puesto que los depredadores, parásitos y competidores con los que un organismo interactúa, le afectan de manera importante. El entorno biológico de una especie cambia sin cesar, puesto que las especies que constituyen ese entorno están evolucionando a su vez. El proceso de evolución por selección natural implica una retroalimentación (*feedback*) que implica su continuación indefinida.

La selección natural da cuenta no sólo de la preservación y mejoramiento de la organización de los seres vivos, sino también de su diversidad. En diferentes localidades o en diferentes circunstancias, la selección natural favorece diferentes caracteres, precisamente aquellos que hacen al organismo mejor adaptado a las condiciones particulares de su forma de vida, sea en el agua, la tierra o el aire, sea pastando o cazando, sea en forma de gusano, de cangrejo, o de árbol.

La adaptación constituye, a pesar de todo, un concepto difícil de definir (Bock y Wahlert, 1965; Williams, 1966; Dobzhansky, 1968; Ayala, 1969). Las adaptaciones pueden reconocerse tanto en los individuos —ya sean fisiológicas, morfológicas o etológicas— como en la población. Dobzhansky (1968) y otros autores (véase, por ejemplo, Ayala, 1969) han considerado formas operativas de medir la adaptación de las poblaciones. Williams (1966) ha propuesto que un criterio apto para identificar adaptaciones individuales consiste en ver si puede establecerse una analogía entre algún artefacto humano y la característica que se supone que es una adaptación. Un oviducto de mamífero puede considerarse un mecanismo para transportar rápidamente un embrión joven al útero; el útero puede considerarse que está diseñado para proteger y nutrir al embrión. Ayala (1968, 1969) ha sugerido la utilidad como criterio para identificar las adaptaciones. Se considera que una característica de un organismo es una adaptación si presenta utilidad para dicho organismo y si dicha utilidad explica la presencia de la característica.

La adaptación y la eficacia biológica son, de cualquier forma, conceptos distintos. La eficacia biológica consiste simplemente en una medida de la eficacia reproductora de una constitución genética en relación con las demás existentes en esa misma especie. La eficacia biológica no siempre va de la mano de la adaptación. Un ejemplo lo constituyen las mutaciones *t* del ratón doméstico. Los ratones que heredan tal mutación, tanto del padre como de la madre, mueren como consecuencia de un

desarrollo anormal de la espina dorsal. Sin embargo, las mutaciones *t* son tales que los machos que llevan sólo una de estas mutaciones, producen espermatozoides la mayoría de los cuales (hasta 95%) son portadores de la mutación *t* (en vez de ser sólo 50% y el otro 50% llevar el gen normal). Un alelo *t* que haya sido introducido en una población (ya sea debido a una mutación nueva o por inmigración de un ratón portador de ella) irá aumentando de frecuencia por selección natural debido a su presencia en casi todos los espermatozoides de los machos portadores. Este incremento reduce, no obstante, la adaptación de los portadores y de la población debido a que los ratones que heredan la mutación *t* de ambos padres, mueren sin dejar descendencia, como he indicado. (He discutido este asunto en otros lugares y dado ejemplos más detallados de mutaciones genéticas con una eficacia biológica elevada, pero que disminuye la adaptación; véase por ejemplo, Ayala, 1969).

La teoría de la evolución propone la selección natural como el proceso que explica la adaptación estructural y funcional de los organismos al ambiente. Las adaptaciones de los organismos eran los hechos que Darwin se propuso explicar como resultado de procesos naturales. En cada caso concreto de adaptación ha de demostrarse la conexión entre eficacia biológica, es decir, las diferencias sistemáticas de la eficacia reproductora que dan lugar a la selección natural, y la adaptación. Esto se hace formulando hipótesis que puedan ser rechazadas empíricamente y que sostengan que los portadores de una adaptación determinada presentan una eficacia reproductora mayor que los individuos que carecen de dicha adaptación.

En los argumentos a favor de la selección natural, la demanda de que un cambio genético dado es debido a diferencias en la eficacia biológica es una hipótesis que puede rechazarse empíricamente llevando a cabo las observaciones y los experimentos adecuados. En los tratados sobre la evolución se pueden encontrar muchos ejemplos. A continuación describiré brevemente dos de ellos para dar una idea al lector.

El primero concierne a la anemia falciforme ya mencionada. La condición anémica de los pacientes falciformes se debe a las diferentes propiedades químicas de las hemoglobinas. Las proteínas tienen configuraciones plegadas consistentes de aminoácidos, algunos situados en el interior de la molécula, y otros hacia el exterior; la sexta posición en la cadena beta de la hemoglobina humana ocupa una posición exterior. El ácido glutámico es un aminoácido hidrófilo (hidrófilo significa "amante del agua", es decir, que tiende a asociarse fácilmente con las moléculas de agua); pero la valina es un aminoácido hidrófobo (hidrófobo significa "aversión al agua", es decir, que no se asocia con el agua).

Cuando en la posición sexta de la cadena beta está presente una valina

en vez de un ácido glutámico, la solubilidad de la hemoglobina disminuye considerablemente, al menos en condiciones de baja presión de oxígeno. Como consecuencia, en los tubos capilares sanguíneos la hemoglobina falciforme tiende a cristalizarse y los glóbulos de la sangre a romperse. Las moléculas de hemoglobina, entonces, no sirven como eficaces portadores de oxígeno, y sobreviene una drástica anemia. Lo interesante del caso es que los portadores de estas mutaciones "anormales" son resistentes a la malaria perniciosa que prevalece en ciertos países tropicales, lo cual explica que la anemia sea abundante en tales regiones.

La resistencia de los portadores de la hemoglobina anormal a la malaria deriva de las propiedades de la hemoglobina. Los portadores de la mutación producen ambas formas de hemoglobina, normal y falciforme. La hemoglobina normal les permite transportar normalmente el oxígeno necesario en todas las células del cuerpo, aunque tienden a mostrar fatiga más fácilmente cuando hacen ejercicios violentos. Por otra parte, los glóbulos rojos de la sangre que tienen hemoglobina falciforme tienden a romperse. En consecuencia, el parásito de la malaria, que se multiplica en los glóbulos rojos y se alimenta de la hemoglobina, encuentra un ambiente mucho menos favorable en los individuos que contienen hemoglobina falciforme, que en aquellos que sólo tienen hemoglobina normal. De ahí la menor incidencia de la malaria entre los primeros.

Un segundo ejemplo de adaptación es el de la tolerancia de las moscas *Drosophila melanogaster* a altos niveles de alcohol. Estas moscas viven a menudo en ambientes tales como las fábricas de cerveza y bodegas con alta concentración de alcohol. Pruebas de laboratorio demuestran que las moscas de tales ambientes toleran el alcohol mucho mejor que las moscas de otros ambientes menos ricos en alcohol. Para estudiar las bases genéticas de la adaptación a altas concentraciones de alcohol se dividió una población de *Drosophila melanogaster* en dos cepas. Una (S, por seleccionada) fue sometida cada generación a niveles progresivamente mayores de alcohol; la otra, se usaba como control (C). En la cepa S sólo a las moscas que sobrevivían a la exposición al alcohol en cada generación se les dejaba reproducirse. Después de 38 generaciones de selección, las moscas S eran mucho más tolerantes al alcohol que las moscas C.

Las moscas *Drosophila melanogaster* metabolizan el alcohol principalmente por medio de la enzima deshidrogenasa (ADH), que está codificada por un gene particular. Las pruebas de laboratorio demostraron que, de hecho, las moscas S tenían una actividad ADH superior a la de las moscas C. No obstante, cuando la enzima ADH se estudió químicamente, no se encontraron diferencias entre las moscas S y las C; las diferencias estaban en el número de moléculas ADH, que eran el 20% más numerosas en las moscas S que en las moscas C.

La adaptación de las moscas *S* a altas concentraciones de alcohol se había logrado no por sustitución (en el gene que determina el ADH) de una mutación por otra más eficaz, sino por cambio en los genes "reguladores", que controlan la cantidad de ADH presente en las moscas, es decir, cambiando los genes que determinan la tasa de síntesis del ADH. El ejemplo da cierta idea de la complejidad que puede existir en la relación entre adaptación y los genes que la favorecen.

En conclusión, la selección natural es el proceso responsable de las adaptaciones de los organismos, porque fomenta la multiplicación de las variantes genéticas útiles a sus portadores. Es así como la selección natural explica las adaptaciones de los organismos, como los ojos, las alas y las flores, al igual que la multiplicidad de especies. La selección natural fue el gran descubrimiento de Darwin, que hace posible explicar científicamente la teleología del mundo viviente.<sup>2</sup>

#### BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, F. J. (1968), "Biology as an Autonomus Science", *Amer. Sci.* 56, pp. 207-221.
- (1969), "An Evolutionary Dilemma: Fitness of Genotypes versus Fitness of Populations", *Canad. J. Cytol. Gen.* 11, pp. 439-456.
- Barker, A. D. (1969), "An Approach to the Theory of Natural Selection", *Philosophy* 44, pp. 274.
- Beckner, M. (1959), *The Biological Way of Thought*, Columbia University Press.
- Berg, E. S. (1926), *Nomogenesis or Evolution Determined by Law*, reeditado en 1969, MIT Press, Londres.
- Bergson, H. (1907), *L'Évolution Créatrice*, [1911] Creative Evolution, Nueva York.
- Bock, W. J., y G. von Wahlert (1965), "Adaptation and the Form-Function Complex", *Evolution* 19, pp. 269-299.
- Darwin, C. (1958), *The Autobiography of Charles Darwin, 1809-1882*, Nora Barlow (comp.), Collins, Londres.
- Dobzhansky, Th. (1968), "On Some Fundamental Concepts of Darwinian Biology", en Th. Dobzhansky, M.K. Hecht, W.C. Steere (comps.), *Evolutionary Biology*, vol. II, Appleton-Century-Crofts, Nueva York.
- (1970), *Genetics of the Evolutionary Process*, Columbia University Press.

<sup>2</sup> Partes de este artículo han sido extraídas, con algunas modificaciones, de mi libro *La teoría de la evolución. De Darwin a los últimos avances de la genética*, que será publicado hacia fines de 1994 por la editorial Temas de Hoy.



- Dobzhansky, Th. (1971), "Evolutionary Oscillations in *Drosophila pseudoobscura*," en R. Creed (comp.), *Ecological Genetics and Evolution*, Blackwell, Oxford.
- Flew, A. (1967), *Evolutionary Ethics*, Macmillan, Londres.
- Ghiselin, M. T. (1974), *The Economy of Nature and the Evolution of Sex*, University of California Press.
- Grene, M. (1974), *The Understanding of Nature. Essays in the Philosophy of Biology*, Reidel, Boston.
- Himmelfarb, G. (1962), *Darwin and the Darwinian Revolution*, Doubleday, Nueva York.
- Hull, D. (1974), *Philosophy of Biological Science*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, Nueva Jersey.
- Lamarck, J. B. (1809), *Zoological Philosophy*, traducido por H. Elliot, reimpresso en 1963, Hafner, Nueva York.
- Manser, A. R. (1965), "The Concept of Evolution", *Philosophy* 40, pp. 18-34.
- Mayr, E. (1965), "Cause and Effect in Biology", en D. Lerner (comp.), *Cause and Effect*, Free Press, Nueva York, pp. 33-50.
- (1974), "Teleological and Teleonomic, a New Analysis", en R.S. Cohen y M.W. Wartofsky (comps.), *Boston Studies in the Philosophy of Science*, xiv, Reidel, Boston, pp. 91-117.
- Nagel, E. (1961), *The Structure of Science*, Harcourt, Brace, and World, Nueva York.
- Osborn, H. F. (1934), "Aristogenesis, the Creative Principle in the Origin of Species", *Amer. Nat.* 68, pp. 193-235.
- Pittendrigh, C. S. (1958), "Adaptation, Natural Selection and Behavior", en A. Roe and G.G. Simpson (comps.), *Behavior and Evolution*, Yale University Press, pp. 390-416.
- Simpson, G. G. (1964), *This View of Life*, Harcourt, Brace, and World, Nueva York.
- Smart, J. J. C. (1963), *Philosophy and Scientific Realism*, Humanities Press, Nueva York.
- Teilhard de Chardin, P. (1959), *The Phenomenon of Man*, Harper, Nueva York.
- Williams, G. C. (1966), *Adaptation and Natural Selection*, Princeton University Press.
- Wimsatt, W. C. (1972), "Teleology and the Logical Structure of Function Statements", *Stud. Hist. Phil. Sci.*, 3, pp. 1-80.

*Historia y explicación en biología* se terminó de imprimir y encuadernar en los talleres de Impresora y Encuadernadora Progreso, S. A. de C. V. (IEPSA), calzada de San Lorenzo 244; 09830 México, D. F., en el mes de noviembre de 1998. En su composición se emplearon tipos New Aster de 12, 10:12, 9:11 y 8:10 puntos de pica.

*Se tiraron 2 000 ejemplares.*

Corrección de *Amelia Rivaud, José Luis Ortiz, Jimena Gallardo, Rina Pahi Jurado* y los autores.

Tipografía y formación de *Guillermo Carmona* del Taller de Composición del FONDO DE CULTURA ECONÓMICA.

La edición estuvo al cuidado de *Osvelia Molina*.

Ediciones Científicas Universitarias es una coedición de la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO y el FONDO DE CULTURA ECONÓMICA, coordinada por *María del Carmen Fariás*.

**Este libro presenta una serie de artículos de diferentes autores** organizados alrededor de temas y problemas de la historia y la filosofía de la biología contemporánea. En particular, el libro, a través del contraste de puntos de vista que tienen lugar en sus diferentes partes, intenta aproximarse a una serie de problemas que surgen al reflexionar acerca de los diferentes sentidos en los que la teoría de la evolución, y por ende, una buena parte de la biología contemporánea, puede entenderse como una ciencia histórica. Desde una perspectiva epistemológica, los problemas planteados aquí pueden servir de viva muestra de la importancia que para entender la estructura del conocimiento científico tiene el estudio de la relación entre la historia y la filosofía de la ciencia.

Tanto para el científico, formado por lo general en una concepción positivista de la ciencia, como para el historiador o el filósofo, educados a pensar que hay una diferencia metodológica de fondo entre las ciencias naturales y las ciencias históricas, la reflexión acerca del sentido en el que las explicaciones en las ciencias naturales comparten principios metodológicos y estructuras explicativas con el tipo de explicaciones estudiadas en historiografía puede parecer sorprendente, y el tema central de esta antología descabellado. No es fácil responder a este tipo de prejuicios en pocas palabras, todo lo que podemos decir a manera de avance de los temas y argumentos desarrollados en el libro es que el desarrollo de la historia y la filosofía de la biología en las últimas décadas, y más en general los estudios de la biología, han dado frutos que muestran claramente la importancia de abandonar ese tipo de prejuicios. En todo caso el lector podrá juzgar por sí mismo si se adentra en las discusiones que aquí se presentan.



15\$ 281.00  
\$

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FONDO DE CULTURA ECONÓMICA



Diseño original: Carlos Haces      Diseño de portada: Laura Esponda