Desarrollo de un modelo de comportamiento humano, aplicable al estudio de la movilidad social

María Teresa Anguera Argilaga

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (**www.tdx.cat**) i a través del Dipòsit Digital de la UB (**diposit.ub.edu**) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (**www.tdx.cat**) y a través del Repositorio Digital de la UB (**diposit.ub.edu**) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (**www.tdx.cat**) service and by the UB Digital Repository (**diposit.ub.edu**) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

UNIVERSIDAD DE BARCELONA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA

DESARROLLO DE UN MODELO DE COMPORTAMIENTO HUMANO, APLICABLE AL ESTUDIO DE LA MOVILIDAD SOCIAL

Director:
Dr. D. Miguel Siguan Soler

Tesis Doctoral
presentada por:

María Teresa ANGUERA ARGILAGA

Barcelona, diciembre de 1976

TESIS DOCTORAL

UNIVERSIDAD DE BARCELONA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE PSICOLOGÍA

DESARROLLO DE UN MODELO DE COMPORTAMIENTO HUMANO, APLICABLE AL ESTUDIO DE LA MOVILIDAD SOCIAL

TOMO I

TD
407
-44-
0136-88660

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA - Àrea de Ciències de l'Educació

DONATIU
Dr. SANVISENS

Director:
Dr. D. Miguel Siguan Soler

Tesis Doctoral
presentada por:
María Teresa ANGUERA ARGILAG

Barcelona, diciembre de 1976

BIBLIOTECA DE LA UNIVERSITAT DE BARCELONA
0700692899

A mi madre.

Mª T.

ÍNDICE GENERAL.-

INTRODUCCIÓN..... 12

PRIMERA PARTE: ESTUDIO DE LOS MODELOS EN GENERAL

I. Trayectoria histórica de la noción de modelo..... 19

II. Discusión acerca del concepto de modelo..... 23

1. Tesis que se deben justificar..... 24

2. Utilización ideológica del modelo..... 25

3. Concepto científico de modelo..... 28

III. Alcance y contenido de los modelos..... 37

1. Motivos que subyacen al uso de los modelos..... 38

2. Funciones de los modelos..... 42

3. Usos no necesarios de los modelos..... 54

4. Criterios de evaluación de los modelos.... 57

5. Peligros en la utilización de los modelos. 60

IV. Función explicativa del modelo..... 66

1. La lógica de la explicación..... 67

2. Aproximaciones motivacionales y teleológicas de la explicación..... 74

3. Otras puntualizaciones acerca del concepto de explicación..... 78

4. La explicación en las ciencias sociales... 85

V. Sistemas de clasificación de los modelos..... 89

1. Sistema clasificatorio de Achinstein..... 90

2. Sistema clasificatorio de Chapanis..... 102

3. Sistema clasificatorio de Asti Vera..... 103

4. Sistema clasificatorio de Rosenblueth y Wiener..... 104
5. Sistema clasificatorio de Black..... 109
VI. El modelo como instrumento metodológico en el progreso de la investigación..... 117
1. Modelos y la iniciación de la investigación..... 124
2. Modelos y experiencia..... 125
3. Modelos y experimentación..... 130
4. Modelos y explicación..... 134
5. Simplificación y construcción de modelos. 135
VII. Estructura del modelo teorético..... 138
1. La teoría..... 139
2. El modelo..... 143
3. Teoría y modelo..... 148
VIII. Modelos matemáticos, y su aplicación al estudio del comportamiento humano..... 154
1. Consideraciones generales..... 155
2. Significado de los modelos matemáticos... 161
3. Modelos estocásticos..... 170
4. Usos y limitaciones de los modelos matemáticos en las ciencias sociales..... 171
IX. Modelos causales..... 175
X. Modelo versus teoría..... 182
1. Diferencia entre modelo y teoría..... 184
2. Modelo como sinónimo de teoría..... 202
3. Punto de confluencia entre ambas tendencias..... 205
4. Consideraciones personales..... 210
XI. Modelo versus analogía..... 214

XII. Derivación del sistema formal del modelo..... 222
XIII. Especialización de la definición clásica de modelo desde el punto de vista de su estudio formal..... 243
1. Modelos algebraicos..... 244
2. Modelos semánticos..... 254
3. Modelos sintácticos..... 261
XIV. Construcción de modelos..... 272
1. Construcción de modelos analógicos..... 282
2. Construcción de modelos iconísticos..... 289
3. Construcción de modelos simbólicos..... 298
4. Conclusiones..... 303

SEGUNDA PARTE: BASE CONCEPTUAL DE LA MOVILIDAD SOCIAL
XV. Movilidad social..... 318
1. Concepto de movilidad social..... 319
2. Orígenes psicológicos de la movilidad..... 326
3. Factores psico-sociales influyentes..... 328
3.1. Sociedades pre-industriales..... 328
3.2. Sociedades transicionales..... 332
3.3. Modernas sociedades industriales..... 338
4. Consecuencias sociales y políticas de la movilidad..... 342
4.1. El contexto social general de la movilidad..... 343
4.2. La movilidad como un factor de oposición radical..... 353
4.3. La movilidad como un factor en la integración política y social..... 356

TERCERA PARTE: MOVILIDAD SOCIAL: BASES METODOLÓGICAS

XVI. Consideraciones metodológicas en el estudio de la movilidad social..... 367
1. Introducción..... 368
2. Especificación de la movilidad..... 371
3. Tipos de movilidad..... 372
3.1. Análisis de entradas..... 374
3.2. Análisis de salidas..... 376
4. Índice de asociación..... 376
5. Dimensiones de la movilidad..... 378
5.1. Unidad geográfica de análisis..... 378
5.2. El factor tiempo..... 379
5.3. Factores personales..... 380
5.4. Frecuencia, dirección, estabilidad y dimensión..... 381
6. Suministro de información..... 383
6.1. Documentos y registros documentales... 383
6.2. La entrevista..... 385
6.3. Muestras y censos..... 387
7. Análisis comparativo..... 387
8. Fuentes de error..... 389
XVII. Transformaciones en las razones y formas de movilidad..... 391
1. El punto de partida..... 394
2. Movilidad neta, movilidad bruta, y movilidad de cambio..... 396
XVIII. Índices de movilidad, I: Primera controversia (1955)..... 404
XIX. Índices de movilidad, II..... 413
1. Orden intrínseco..... 415

2. Orden extrínseco..... 417
XX. Índices de movilidad, III: Segunda controversia (1964)..... 420
XXI. Medida formal de la movilidad social..... 433
1. Movilidad social en una matriz de transición..... 434
2. Distribución de equilibrio de las clases sociales..... 435
3. Tiempo promedio de permanencia en una clase social..... 438
4. Variación de la movilidad con el tiempo.... 440
5. Algunas extensiones..... 443

CUARTA PARTE: DERIVACIÓN DEL SISTEMA FORMAL DEL MODELO DE MOVILIDAD SOCIAL

XXII. Teoría formal de la movilidad social..... 446
1. Teoría descriptiva..... 447
2. Teoría normativa..... 458
3. Problemas de estimación..... 461
XXIII. Aplicación de la teoría formal de la movilidad social: Comparación de patrones de movilidad ocupacional intergeneracional..... 463

QUINTA PARTE: ESTUDIO DE LA MOVILIDAD SOCIAL A TRAVÉS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

XXIV. Análisis estadístico de las tablas de movilidad.
1. Modelo de movilidad perfecta..... 475
2. Modelo que tiene en cuenta el estatus he rencia en los estratos alto y bajo..... 485

2. Orden extrínseco..... 417
XX. Índices de movilidad, III: Segunda controversia (1964)..... 420
XXI. Medida formal de la movilidad social..... 433
1. Movilidad social en una matriz de transición..... 434
2. Distribución de equilibrio de las clases sociales..... 435
3. Tiempo promedio de permanencia en una clase social..... 438
4. Variación de la movilidad con el tiempo.... 440
5. Algunas extensiones..... 443

CUARTA PARTE: DERIVACIÓN DEL SISTEMA FORMAL DEL MODELO DE MOVILIDAD SOCIAL

XXII. Teoría formal de la movilidad social..... 446
1. Teoría descriptiva..... 447
2. Teoría normativa..... 458
3. Problemas de estimación..... 461
XXIII. Aplicación de la teoría formal de la movilidad social: Comparación de patrones de movilidad ocupacional intergeneracional..... 463

QUINTA PARTE: ESTUDIO DE LA MOVILIDAD SOCIAL A TRAVÉS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

XXIV. Análisis estadístico de las tablas de movilidad.
1. Modelo de movilidad perfecta..... 475
2. Modelo que tiene en cuenta el estatus hereditario en los estratos alto y bajo..... 485

3. Ejemplos de movilidad social en Bretaña y Dinamarca..... 490
4. Modelo que tiene en cuenta el estatus herencia en todos los estratos..... 493
5. Reconsideraciones acerca de los dos ejemplos anteriores..... 497
6. Método general de análisis..... 501
7. Modelos multi-estratos..... 504
8. Métodos adicionales de comparación..... 511
9. Movilidad como un proceso de probabilidad.. 513
XXV. Exploración de las tablas de movilidad social.... 516
1. La interacción en cada subtabla 2 x 2..... 520
2. Las distintas interacciones entre las clasificaciones en columnas y filas..... 534
3. Comparación de dos (o más) tablas de clasificación transversal..... 547
4. Métodos relacionados para comparar dos (o más) tablas de clasificación transversal... 552
5. Cuasi-independencia e interacciones entre las clasificaciones en filas y columnas de una tabla de clasificación transversal..... 558
6. Cuasi-homogeneidad y diferencias entre las interacciones en dos (o más) tablas de clasificación transversal..... 561
7. Estatus herencia y no herencia intrínsecos.. 564
8. Análisis de otras tablas de clasificación transversal que no sean 3 x 3..... 571
XXVI. Índice de persistencia de estatus..... 578
1. Cálculo en casos sencillos..... 580

2. Movilidad cuasi-perfecta..... 586
3. Un índice de persistencia..... 595
4. Comparación de distintos tipos de índices.. 602
5. Comparación de magnitudes del índice de persistencia..... 607
6. Índice de cantidad neta de persistencia.... 610
7. Análisis de otras tablas de clasificación transversal que no sean 3 x 3..... 614

Apéndices

A1. Cómo probar la movilidad cuasi-perfecta en las casillas no diagonales..... 619
A2. Cómo probar la hipótesis de que la magnitud del índice de persistencia G_j es la misma para las categorías estatus j = 1, 2, ..., K..... 621

SEXTA PARTE: DISCUSIÓN DE DIVERSOS MODELOS DE MOVILIDAD SOCIAL

XXVII. Causa y efecto en las tablas de movilidad social: Modelo de White..... 626
1. Modelo general..... 629
2. Valores esperados..... 635
XXVIII. Modelo lineal de movilidad social: Algunas consideraciones de Matras..... 637
1. Relaciones entre la movilidad social y la estructura social..... 640
2. Direcciones adicionales y posibles variantes del modelo lineal..... 644
3. Un modelo de movilidad social, crecimiento de población y estructura social cam-

biante..... 650
XXIX. Modelo estocástico de movilidad social..... 656
1. Cadenas de Markov y movilidad social..... 659
2. Modelo de movilidad de Cornell..... 665
XXX. Movilidad social intrageneracional estudiada a través de un modelo Markoviano..... 677
1. Introducción: El modelo de la simple cadena de Markov..... 678
2. Limitaciones del modelo de la cadena de Markov..... 679
3. Previas modificaciones del modelo de la simple cadena de Markov..... 682
4. Modelo Markoviano de tiempo estacionario... 687
5. Posterior discusión del modelo..... 700
6. Hacia un modelo más adecuado de movilidad social intrageneracional..... 705
XXXI. Un modelo finito de movilidad..... 708
1. Revisión del modelo de retención..... 710
2. Modificaciones del modelo de retención de Cornell..... 714
2.1. El modelo absorbente..... 718
2.2. El modelo regular..... 720
3. Conclusiones..... 722
XXXII. Análisis de los procesos de movilidad por la introducción de variables independientes en una cadena de Markov..... 725
1. Introducción..... 726
2. Heterpgeneidad en las probabilidades de estado de transición..... 729
3. Análisis de cambios a través del tiempo.... 739

4. Conclusiones.....742
5. Apéndice.....745
XXXIII. Consideraciones en torno a los modelos de movilidad social.....750

SÉPTIMA PARTE: EPÍLOGO

XXXIV. Ensayo crítico de los métodos utilizados en el estudio de la movilidad social.....760
XXXV. Presentación de un modelo de movilidad social...769

OCTAVA PARTE: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 788

INTRODUCCIÓN.-

Hace algún tiempo -prácticamente los cuatro años que han transcurrido desde mi Licenciatura- me dediqué a estudiar con interés en el campo de la metodología científica; desde el primer momento, vislumbré en ella un anchísimo horizonte, dentro del cual tenía que fijarme unos límites que tratar en profundidad. Pasé bastantes meses leyendo y consultando obras, y fue así creciendo mi atención por el que considero uno de los más importantes instrumentos de investigación: el modelo. Modelo entendido como esquema, como esqueleto, como alma y cobijo de cualquier estudio antes de que se le dé forma definida, y, a la vez, pero recorriendo el camino inverso, como primer eslabón al que acudir cuando trabajamos en un área no estructurada y en donde poseemos solamente una gran cantidad de datos experimentales.

Construí, en aquel momento, un ante-proyecto de lo que podría ser este trabajo, en donde dedicaba la Primera Parte a la revisión de la literatura existente sobre el tema, consciente de su extensión, complejidad, y nula sistematización, a la vez que pretendía estudiar el modelo como ya he indicado, como un instrumento metodológico al servicio de la investigación.

Este término se ha tomado en sentidos muy dispares y ha sido objeto de multitud de controversias; por consiguiente, he tratado primero de recopilar cuanto se ha teorizado y elucubrado sobre él, clasificación, funciones, relación con la teoría y con los datos experimentales, uso y abuso, ventajas y limitaciones, aspecto formal y semántico, etc.

Una de las ventajas del estudio sistemático del modelo científico de toda teoría o escuela es que hace consciente y relativiza los axiomas y postulados que se utilizan como punto de partida, permitiéndonos, en alguna proporción, llegar a los orígenes sobre los cuales se basan las mencionadas teorías y escuelas, y quitar el carácter absolutista con el cual se plantean tales principios y axiomas. De aquí se da un paso insensible y necesario al estudio de los modelos como prolongación de las experiencias de la vida cotidiana, con lo cual no sólo entramos en el terreno de la sociología del conocimiento, sino que, además, nos abrimos a la perspectiva de una "investigación de la investigación".

El empleo de modelos como soportes del pensamiento teórico y como fuentes de inspiración para subsecuentes investigaciones se ha mostrado y se muestra cada vez más importante, si no indispensable. No obstante, hay que hacer una observación aplicable no sólo a ellos, sino también, en cierto sentido, a las técnicas y a las teorías. Se trata de un problema de búsqueda operativa, que concierne a la evolución sufrida por estos tres aspectos de la ciencia sucesiva y paralelamente con los progresos del conocimiento referido a los objetos y los fenómenos que de ellos dan representación inteligible o que de ellos podemos alcanzar.

Esta evolución no siempre puede ser continua, ni progresar a pasos sucesivos, sino que, eventual y oportunamente, hay que hacer intervenir en este proceso una mutación importante, aplicando principios nuevos. Ahora bien, ¿en qué circunstancias se decidirá realizar tal revisión? Si la decisión es demasiado precoz, el nuevo modelo puede resultar menos útil que el antiguo, convenientemente renova-

do; y si es demasiado tardía, es decir, si continuamos afe rrados a las fórmulas tradicionales, corremos el riesgo de que la investigación se esterilice.

En resumen, la metodología basada en el concepto de modelo puede constituirse en un eficaz punto de apoyo para una reflexión sobre los modos peculiares de integración y dinámica de lo teorético y lo empírico en la marcha del co nocimiento científico.

En la Segunda Parte, y respondiendo al título de la Tesis, se presenta una mínima base conceptual de la movili dad social, la indispensable para que, en los Capítulos su cesivos, puedan abordarse las bases metodológicas para su estudio, una derivación de su sistema formal, y sus métodos de análisis estadístico. En la Sexta Parte se describen y discuten los modelos de movilidad social más representati-vos desarrollados en los últimos años. Y en la Séptima, des pués de un ensayo crítico de los métodos utilizados en su estudio, formularé un modelo de comportamiento humano, apli cable a la movilidad social, a través de distintas facetas complementarias, y cuya comprobación dejo esbozada y prepa rada para futuros investigadores. No quiere ello decir, ló-gicamente, que mi objetivo sea el adentrarme en el campo ci tado de la movilidad social; únicamente me circunscribiré en él en la medida en que, como marco y base teórica y em-pírica del modelo, sea el punto de apoyo sobre el cual pue-da construirlo, y completarlo con la conjugación de los dife rentes aspectos de tipo representacional, teorético e ima-ginario, como componentes de cualquier modelo empírico, y además los causales.

La elección de este campo de aplicación obedece a un doble motivo: En primer lugar, la movilidad social es,

siempre lógicamente en una sociedad estratificada -ya que de lo contrario no existiría-, el cambio a través del tiempo, mientras que la mayoría de los estudios sociológicos tienden a ignorarlo, olvidando que se trata de un proceso por el cual los individuos se pueden mover en una estructura social, y en el que la estructura puede también transformarse. Ciertamente, los estudios de procesos a través del tiempo no son frecuentes, y a menudo falta la terminología adecuada para describir estos fenómenos de cambio social, a la vez que se presentan limitaciones impuestas por los métodos de instantáneas del momento para la obtención de datos. En consecuencia, pues, aparece una grave dificultad metodológica, y, por ello, acudimos a los modelos como áncora de salvación que nos permita estudiarlos en su consubstancial dimensión temporal, y de acuerdo con la "dirección" de este tiempo. En segundo lugar, se trata de un campo de investigación absolutamente nuevo en España, tanto en lo que se refiere a la teoría de los modelos como en el área de la movilidad social. Buena prueba de ello lo constituye el bajísimo porcentaje (no llega al 3 %) de referencias bibliográficas en castellano, y aún teninedo en cuenta que en su casi totalidad éstas se tratan de traducciones o de autores hispanoamericanos. Considero que vale la pena estimular y apoyar este estudio, en parte exploratorio, que se nos sugiere, y, por tanto, lo he tomado como núcleo en la realización de mi Tesis Doctoral.

Quiero recalcar aquí que este trabajo realizado es tan sólo una primera e inicial aportación, muy reducida, que intenta abrir una brecha en el campo citado (partiendo de la base de la existencia de una sociedad estratificada),

estimulando a un análisis cada vez más profundo y a aportaciones sucesivas que enriquezcan el panorama metodológico actual a través de la construcción de modelos útiles y adecuados, superados los escollos que podrían derivarse del desconocimiento de otras Ciencias aquí auxiliares, como las Matemáticas.

Las dificultades presentadas, como es lógico suponer, han sido muchas, y la más constante quizá se trate del seguimiento y localización de referencias bibliográficas, que incluyen obras, artículos, tesis doctorales, conferencias, ponencias presentadas en Simposiums, etc., en número de dos mil trescientas ochenta y cuatro (2.384), y correspondientes a más de treinta países de los cinco continentes. El material consultado, en las ocasiones en que no ha sido posible estudiarlo en el idioma original, lo he manejado en sus traducciones inglesas, y es justo indicar también que la mayor parte sólo he conseguido encontrarlo en el extranjeto. Todo ello comporta, efectivamente, un gran esfuerzo material, que ha sido posible merced al disfrute de una Beca de Formación de Personal Investigador, otorgada por el Ministerio de Educación y Ciencia.

Las ideas surgidas como base de futuras investigaciones son muchas, algunas ya prácticamente con el perfil definido, y partiendo todas de mi preocupación constante por lograr una mayor sensibilización y un progresivo afinamiento metodológico en el campo de las Ciencias Humanas. Queda aquí, pues, un gran esfuerzo y un pequeño grano de arena de cara a la consecución de esta tarea.

" ... para apresar la realidad se empieza por apartar información. Se agregan, luego, elementos imaginarios (o más bien hipotéticos) pero con una intención realista. Se construye así un objeto modelo esquemático y que, para dar frutos, deberá injertarse en una teoría susceptible de ser confrontada con los hechos".

(Bunge, 1972, p. 15)

PRIMERA PARTE:

ESTUDIO DE LOS MODELOS EN GENERAL

En este primer volumen de la Tesis nos dedicamos en su totalidad a exponer y esclarecer la enorme problemática suscitada a raíz de los modelos, término controvertido que ha dado lugar a la publicación de gran cantidad de libros y artículos, obras y puntos de vista que aquí revisamos e intentamos sistematizar.

Capítulo I

TRAYECTORIA HISTÓRICA DE LA NOCIÓN DE MODELO

TRAYECTORIA HISTÓRICA DE LA NOCIÓN DE MODELO.-

La Historia de la Psicología es un camino tortuoso y estrecho a través de muchos siglos; si miramos hacia atrás podemos hallar características acerca de esta senda, y nos es grato ver cómo está cubierta de restos de modelos, aunque ya descartados.

Aristóteles, el venerable filósofo de nuestra Antigüedad, hace un uso elocuente de analogías físicas de dos mil años atrás. Veamos, por ejemplo, cómo explica nuestra aptitud para recordar:

> "Evidentemente debemos considerar esto ... como algo similar a una pintura. Para un estímulo activo se estampa en el alma una especie de huella de la sensación, análoga a estampar un sello. Por esta razón, igualmente, las personas que se mueven rápidamente con pasión o con ardor de juventud no recuerdan, justo como si el esfuerzo y el sello se aplicaran al agua que corre. En otras personas, a causa de su cansancio, como las casas viejas, o a causa de la dureza de su principio receptivo, tampoco se realiza la impresión".
>
> (Hammond, 1902, p. 199)

Es curioso comprobar cómo van reapareciendo, persistente y regularmente, los modelos mecanicistas aplicados al organismo humano.

Por ejemplo, Descartes, inspirado quizá por las operaciones hidráulicas se inclina a figuras que entonces estaban de moda en los jardines públicos, y escribía en 1.650:

> "Hay que observar que la máquina de nuestros cuerpos está construída de tal forma que todos los cam

> bios que ocurren en el impulso de los espíritus pueden dar lugar a que se abran ciertos poros del cerebro bastante más que otros, y, recíprocamente, cuando alguno de estos poros se abre más o menos de lo normal, por la acción de los nervios, que sirven a los sentidos, esto cambia algo el impulso de los espíritus, y es causa de que sean conducidos dentro de los músculos, los cuales sirven para mover el cuerpo de la misma forma en la que se mueve comúnmente con ocasión de tal acción, así que todos los movimientos que hacemos en nuestro interior están contribuyendo a ello ... depende sólo de la conformación de nuestros miembros y del curso en el cual los espíritus, excitados por el calor del corazón, siguen naturalmente en el cerebro, y en los músculos, de la misma forma que los movimientos de un reloj han producido la fuerza de su móvil ..."
>
> (Rand, 1912, p. 172f)

Esto se confirmó exactamente un siglo después (1748) por La Mettrie, que llegó a declarar que el hombre en su conjunto es una máquina (El Hombre Máquina), título que se reencarnó doscientos años después en la edición de Carlsson & Johnson: La Maquinaria del Cuerpo (1948).

Aparece una cierta pauta común en toda esta actividad. Como Descartes, los modelistas parecen haberse inspirado en las teorías físicas y juguetes de los tiempos: La mecánica de Newton, rota delante de los modelos del hombre, al que han tratado simplemente como una máquina artificial de palancas y varillajes semejantes; la máquina de vapor de Watt y el desarrollo de la termodinámica, que produjeron modelos del hombre en que se le consideraba como un cpmplicado artefacto de sistemas caloríficos; cuando los servomecanismos se desarrollaron rápidamente durante la Segunda Guerra Mundial, el hombre no era más que un servosistema; recientemente, la teoría de la comunicación ha sido traslada-

da a los modelos, los cuales dan a entender que el hombre es sólo un sistema de manipulación de información.

En definitiva, el hombre no puede permanecer ajeno en absoluto a los avances científicos y especulaciones teóricas de su tiempo; el hombre, motor e impulsador de la actividad intelectual, lo vemos convertido a la vez en su centro, y así, si revisamos la historia de la ciencia o una antropología cultural, observaremos perfectamente que él está presente, ya sea como epicentro de sus propias teorías, como experimentador, o como experimentado. El hombre no puede olvidar al hombre, a su propia esencia, y allí está, para modelar y ser modelado, como constructor de modelos y como materia de modelo.

Sabemos que muchos viejos modelos del hombre fueron probados, hallados defectuosos, y, finalmente, descartados. Los hay, y podemos estar seguros de ello, que han resucitado y que de tiempo en tiempo se discuten por los historiadores de la Psicología, pero a la luz del conocimiento ordinario aparecen raros, ingenuos y divertidos. Incluso algunos de los más recientes modelos del hombre han sido probados lo suficientemente para que ahora empiecen a perder su aureola de encanto, como el servomodelo, por ejemplo.

A pesar de esta trayectoria, según Chapanis (1961, p. 106), "los modelos están floreciendo como nunca en Psicología", y todo el mundo construye modelos de todo tipo en el ámbito de las ciencias humanas.

Capítulo II

DISCUSIÓN ACERCA DEL CONCEPTO DE MODELO

DISCUSIÓN ACERCA DEL CONCEPTO DE MODELO.-

Inicialmente, precisamos una definición de la palabra "modelo". El diccionario no abreviado de Webster (1955) da distintos significados: persona que posa, mujer que exhibe vestidos de los modistos, patrón original de acuerdo con el cual se moldean cornisas, curvatura en el envés de algunos instrumentos musicales, ejemplo para ser imitado, miniatura que es representación de algo.

De todas estas posibilidades, sólo la última mencionada tiene cierto parecido con el sentido que aquí vamos a dar al modelo; incluso en este caso, la definición del diccionario implica representaciones en miniatura bastante concretas, como un modelo de aeroplano, que distan mucho de las representaciones imcólicas que acompañan actualmente a la palabra "modelo".

Por consiguiente, los modelos científicos tienen un significado especial que escapa al vocabúlario usual de un diccionario; pero a los mismos científicos y constructores de modelos les resulta difícil y confuso definir qué es un modelo. El mismo Underwood (1957, p. 257), por ejemplo, dice francamente: "Yo no voy a formular una definición específica ...", y otros escritores se envuelven en un torbellino de palabras incomprensibles.

1. Tesis que se deben justificar

Si, siguiendo a Badiou (1972), designamos por "nociones" las unidades del discurso ideológico, "conceptos" las

del científico, y "categorías" las del filosófico, se pueden formular las siguientes tesis (Badiou, 1972, p. 13-14) para tomarlas como punto de partida:

Tesis 1: Existen dos instancias epistemológicas de la palabra "modelo". Una es una noción descriptiva de la actividad científica; la otra, un concepto de la lógica matemática.

Tesis 2: Cuando la segunda instancia sirve de soporte a la primera, tiene lugar un recubrimiento ideológico de la ciencia, es decir, una categoría filosófica, la de modelo.

Tesis 3: La tarea actual de la Filosofía es de desintrincar, de entre los usos de la categoría de modelo, uno "en dependencia", que no es más que una variante (1), y otro positivo, investido en la teoría de la historia de las ciencias.

2. Utilización ideológica del modelo

Desde un punto de vista epistemológico (Badiou, 1972), nos preguntamos si se pretende hacer de la invención de modelos la actividad misma de la ciencia; es decir, si el conocimiento científico se presenta como conocimiento por modelos, y ésta es, justamente, la opinión de Lévi-Strauss (1969). Los modelos, nos dice, se construyen "según" la realidad empírica, y, por tanto, su funcionamiento tiene que dar cuenta de todos los hechos observados (la expresión "dar cuen

---

(1) Dada una formación ideológica, caracterizada por una pareja de términos, se llama variante a todo sistema ligado de nociones que permiten posponer la cuestión de la unidad de los términos de la pareja, y, eventualmente, de responder a ella.

ta" soporta por sí sola la carga epistemológica; más adelante, se encontrará "describir" y "explicar").

Los "hechos observados" de los que el modelo da cuenta se hallan en un estado de dispersión neutralizada: son datos como tales, fuera de toda intervención teórica, ya que ésta se inicia precisamente con la construcción del modelo, con el artificio del montaje.

En una concepción experimentalista de la ciencia, como la de Bachelard para la Física, o la de Canguilhem para la Fisiología, el "hecho" experimental es en sí mismo un artefacto: es una cuantificación material de la prueba, y nunca existe antes. Se ha mostrado que en estas condiciones la dialéctica de la ciencia es interior a un proceso de producción de conocimientos, el cual es doblemente articulado: según el sistema de los conceptos, y según la inscripción de la prueba (Badiou, 1972, p. 19).

Sin duda, esta concepción se abre a múltiples problemas teóricos. En el caso de la epistemología de los modelos, la ciencia se divide en intervención productora de una parte (invención y montaje de los modelos), y, de otra, en constatación empírica.

Con estas premisas, hay que tomar conciencia de la multiplicidad de los modelos. Dentro de la libertad inventiva, todas las tentativas son posibles, pero han de confrontarse con la realidad.

Si el modelo representa la verdad del trabajo científico, esta verdad es la del mejor modelo, y aquí vemos predominar el empirismo: entre modelos necesariamente múltiples, la actividad teórica no puede elegir, ya que ella es precisamente la que fabrica los modelos, y el mejor modelo será la

mejor aproximación de sí mismo. Lévi-Strauss (1969) escribe que "el mejor modelo será siempre el modelo verdadero, es decir, el que, aún siendo el más simple, responda a la doble condición de no utilizar otros hechos que éstos considerados y de dar cuenta de todos".

El círculo es evidente: a la pregunta de qué es un modelo, se responde que el objeto artificial que da razón de todos los hechos empíricos considerados; pero al interrogante de cuál es el criterio de "dar cuenta", de cuál es el verdadero modelo, se responde que éste es aquél que "da cuenta" de todos los hechos; y se añadirá la clásica condición de elegancia: el modelo debe ser el más simple.

Los criterios son los de exhaustividad y simplicidad, en donde se reconocen las características fundamentales de una filosofía de la representación. Para la epistemología de los modelos, la ciencia no es un proceso de transformación práctica de lo real, sino la fabricación de una imagen plausible.

En tanto que objeto artificial ("construimos" los modelos), el modelo es controlable; por tanto, se puede prever de qué forma el modelo actuará en caso de modificación de uno de sus elementos. Esta <u>previsión</u>, en la cual reside la <u>transparencia</u> teórica del modelo, está evidentemente ligada al hecho de que está integralmente montado, de tal forma que la opacidad atribuible a lo real está ausente. Desde este punto de vista, y según Badiou (1972), el modelo no es una transformación práctica de lo real, de "su" real: pertenece al registro de la invención pura, ya que está dotado de una "irrealidad formal".

3. Concepto científico de modelo

Abordamos la segunda parte de la Tesis 1 anteriormente expuesta. La palabra "modelo" figura en contextos indiscutiblemente científicos, donde no pretende designar el móvil de la práctica teórica, sino un elemento denotable en una coherencia demostrativa: ni noción, ni categoría, sino concepto (Badiou, 1972, p. 22).

Vamos a avanzar en algunas precisiones sobre el concepto de modelo, sometido a las adaptaciones más variadas en contextos heterogéneos, desde su utilización en el ámbito de las Ciencias Humanas, como equivalente a norma o pauta de conducta -en algunos textos de Lévi-Strauss, por ejemplo-, hasta su empleo lógico y matemático como "aplicación" de un esquema formal sintáctico, por adición semántica que asigna a dicho esquema un universo del discurso definido (París, 1972).

Por ello es útil llevar dicho concepto hacia sus caracteres más otiginales y amplios, desde los cuales puedan situarse los distintos desarrollos. En tales términos, "caracteriza radicalmente al concepto de modelo su posición en un orden real o conceptual distinto de aquél en que inicialmente nos movemos" (París, 1972, p. 466). Si analizamos la expresión de París, y en concordancia con el punto de vista de Badiou (1972), efectivamente, pertenece al registro de la invención pura.

Tal diversificación de órdenes puede plantearse en sentidos diversos y aún antagónicos. Puede dimanar del carácter abstracto o esquemático del modelo frente a la realidad de partida (modelo como arquetipo), inversamente de la adición de nuevos elementos (modelo como aplicación de un

esquema formal), o simplemente de su emplazamiento en otro mundo conceptual o real, con pérdida de unos elementos y adición de otros (modelos analógicos). En todo caso lo decisivo es la fecundidad epistemológica del modelo (París, 1972), su capacidad de enriquecer nuestro conocimiento, su potencia heurística.

La explotación de esta riqueza heurística se produce por la emigración conceptual que permite la presentación del modelo, saltando de un orden a otro, y gracias a la cual, después de trabajar sobre el modelo, podemos regresar a la situación inicial y ensayar sobre ella los descubrimientos conseguidos en el estudio del modelo. Naturalmente ello se apoya en la relación en que el modelo se encuentra con el universo inicial, que puede implicar modalidades múltiples: isomorfismo, homomorfismo, proyección, escala o cambio de dimensiones, reducción en variables o esquematización, aplicación semántica, etc. (París, 1972). Así, conceptos teoréticos de un cierto dominio se pueden convertir en observables en el modelo, sugiriendo directamente relaciones nuevas o posibilidades de observación y experimentación.

La conquista conceptual de la realidad comienza, aunque parezca paradójico, por idealizaciones, desgajándose los rasgos comunes a individuos ostensiblemente diferentes, agrupándolos en especies. Es el nacimiento del objeto modelo o modelo conceptual de una cosa o hecho, pero esto no basta; si se quiere insertar este objeto modelo en una teoría es menester atribuirle propiedades susceptibles de ser tratadas por teorías. Es preciso, en suma, imaginar un objeto dotado de éstas, las cuales, frecuentemente, no serán sensibles (Bunge, 1972). Procediendo de esta forma, corremos el riesgo de puras invenciones, pero no hay otro medio, ya que

la mayor parte de las cosas y las propiedades no son percibidas por nuestros sentidos; además, el modelo conceptual despreciará muchos rasgos del objeto, separando de él características que le individualizan, y debemos considerar que la ciencia no es de lo individual, sino de lo general. Además, si un modelo dado no presenta todos los detalles que en un principio nos interesan, se podrá ir complicando gradualmente. "La formación de cada modelo comienza por simplificaciones, pero la sucesión histórica de los modelos es un progreso en complejidad" (Bunge, 1972, p. 12).

Pero, tanto si aumenta como si disminuye el número de las dimensiones incluidas en la complejidad, los modelos sólo nos podrán dar una imagen simbólica de lo real. Otras vías, como la razón pura, la intuición y la observación, fracasan. Sólo modelos construidos con ayuda de la intuición y de la razón, y sometidos a contrastación empírica, han triunfado; además, sobre todo, son susceptibles de ser corregidos en caso de necesidad (Bunge, 1972), pero, siempre, partiendo de problemas de una sola dimensión, cuya solución "constituye una contribución a la explicación de la realidad: al educarnos en la necesidad del análisis riguroso y exacto, nos conducen a una aproximación más crítica y matemática, y finalmente a una mejor definición de la realidad" (Lieb & Matis, 1966, p. vi).

Es cierto que al trabajar sobre modelos de una dimensión (en general, sobre objetos modelos) se desprecian complejidades reales, pero en compensación se obtienen soluciones exactas, que son más fáciles de interpretar que las aproximadas de problemas más complejos, a la vez que abrimos una ruta para abordar posteriormente estos problemas más compli-

cados. Ciertamente, deberemos esperar algún fracaso de alguno de estos modelos hipersimplificados, pero ya sabemos que en ciencia todo malogro de una idea puede ser beneficioso, al sugerirnos las modificaciones que será necesario introducir a fin de obtener modelos más realistas (Bush & Mosteller, 1955; Sternberg, 1963).

Sintetizando, pues, se empieza por conseguir información, agragándose luego elementos imaginarios, o, más bien, hipotéticos, pero con una intención realista, y así se construye un objeto modelo esquemático que deberá injertarse en una teoría susceptible de ser confrontada con los hechos (Bunge, 1972, p. 15). Si el modelo puede reaccionar no solamente de una manera dada, es decir, de acuerdo con una cierta ley, sea espontáneamente o bajo la acción de un agente exterior, deberá complicarse agragando las leyes de estos cambios de forma de conducta.

En suma, un modelo teorético de la conducta de un sistema es un grupo de enunciados (muchas veces de forma matemática) que enlazan las variables exógenas E y S y las variables endógenas I del sistema, siendo concebidas las últimas como variables intermedias que tienen un valor de cálculo mejor que representando detalles internos del sistema (Ashby, 1956; Bunge, 1963; Bunge, 1964; Bunge, 1972).

Un modelo tal, por así decir conductista, de un sistema, satisfará las exigencias de la filosofía empirista (positivismo, pragmatismo, operacionismo, fenomenalismo), ya que sin rebasar demasiado lo observable, permite condensar gran número de datos empíricos y predecir la evolución del sistema. Pero, aislado, no llegará a explicar su conducta, permaneciendo aparte del resto del saber. Para obtener una explicación completa y establecer contactos con otras

teorías y materias, será preciso desmontar el mecanismo interno que suponemos existe, y que está oculto (Bunge, 1972, p. 21).

Es fácil ver que el funcionamiento de una "caja negra" puede explicarse por una infinidad de hipótesis concernientes a los mecanismos subyacentes (Bunge, 1972, p. 21). En efecto, para cada función f que enlace las entradas E con las salidas S, hay una infinidad de pares de funciones g y h tales que g aplica el conjunto E de entradas a un conjunto I de intermediarios, h aplica éstos al conjunto S de salidas, y tales que la composición de g y h sea igual a la función dada. Si se interpretan esos diversos intermediarios en términos físicos, biológicos o psicológicos, se tiene (Bunge, 1972, p. 21-22) un conjunto de mecanismos para cada caja negra, a condición de no exigir que esas hipótesis concuerden con lo que se sabe de otra parte. Los empiristas consideran esta ambigüedad como un defecto de los modelos que van más allá de la conducta exterior. Por el contrario, los realistas encuentran ahí una virtud de las concepciones más ricas, porque si se consigue hallar el mecanismo real, entonces la conducta aparente queda determinada únicamente por este mecanismo, mientras que la recíproca es falsa; es decir, que si suponemos un mecanismo, derivamos su funcionamiento, mientras que si se da el último, sólo derivamos el primero. Por consiguiente, según Bunge (1973), una hipótesis sobre mecanismos ocultos sólo podrá considerarse como congirmada cuando satisfaga las condiciones siguientes: dar cuenta del funcionamiento observado, prever hechos nuevos más allá de los que pueden ser previstos por modelos de caja negra y estar de acuerdo con el conjunto de leyes conocidas.

Podemos, pues, proponer una gran variedad de modelos de un sistema dado, así como cajas negras sin estados internos y cajas con mecanismo, cajas deterministas y cajas estocásticas, cajas de un solo nivel o de varios, y así sucesivamente. La elección entre estos diversos objetos modelos y los modelos teoréticos correspondientes dependerá del objetivo del investigador. Si se trata solamente de manejar un sistema, podrá bastar una caja negra, pero si se quiere comprender su funcionamiento, sea por curiosidad o por querer dominarlo o modificarlo, entonces podremos imaginar modelos más o menos profundos que se apoyen en teorías generales y en nuevas experiencias. Así, al hablar de modelos de movilidad social, podremos prescindir de tales modelos si el objetivo es puramente la síntesis de un conjunto de datos empíricos, ya que en tal caso bastarían la tabla numérica y la curva empírica; pero si el objetivo es el análisis posterior de los datos o bien la construcción de una guía para un estudio más profundo, será menester imaginar modelos teoréticos, sólo los cuales podrán justificar la adopción de dicha curva empírica antes que otras satisfagan los mismos datos. La opción está, pues, entre el conocimiento superficial (descripción y previsión de la conducta) y el conocimiento profundizado (explicación y capacidad de prever efectos insospechados), y en ambos casos se trata de la construcción de objetos modelos y modelos teoréticos.

"Un objeto modelo, pues, es una representación de un objeto: a veces perceptible, a veces imperceptible, siempre esquemática y, en parte al menos, convencional" (Bunge, 1972, p. 24). Se tendrá siempre "$m \hat{=} f$", que se lee "m representa (o modeliza) f"; así, el sociólogo podrá representar

la movilidad social en una comunidad por una matriz de probabilidad de transición. Por un lado, el objeto modelo m representa toda una clase de cosas (o de hechos) considerados como equivalentes aunque difieran entre sí. La relación $\hat{=}$ entre modelo y objeto concreto es multívoca. Si se prefiere, m representa no a un individuo concreto sino más bien a toda una clase (de equivqlencia) R de objetos concretos: $m \hat{=} R$. Por otra parte, un individuo concreto podrá representarse de diversas maneras, según los medios de que se disponga y los fines de la representación. En principio, dado un individuo real r, es posible dar del mismo todo un conjunto M de modelos: $M \hat{=} r$. En resumen, como afirma Bunge (1972) la relación $\hat{=}$ no es biunívoca, sino que debe concebirse como una conexión entre el conjunto M de objetos modelos y el conjunto R de sus referentes: $M \hat{=} R$.

Esta relación $\hat{=}$ de imagen conceptual a cosa representada es la satisfecha por los conceptos teóricos y sus referentes concretos; por tanto, figurará explícitamente en toda formulación cuidadosa de una teoría científica (Bunge, 19 67).

Un objeto modelo (incluso ingenioso) servirá de poco a no ser que se encaje en un cuerpo de ideas en cuyo seno puedan establecerse relaciones deductivas. Por consiguiente, hay que tejer una red de fórmulas alrededor de cada objeto modelo. Si este cuerpo de ideas es coherente, constituirá un modelo teorético de los individuos concretos r del tipo R. Dicho de otra manera, un modelo teorético de un objeto r supuesto real es una teoría específica T_s, concerniente a r, la cual está constituida por una teoría general T_g enriquecida con un objeto modelo $m \hat{=} r$. O también, un mode-

lo teorético T_s es una teoría general equipada con un objeto modelo $m \hat{=} r$: $T_s = \langle T_g, m \rangle$. Cuando un sistema teorético de un objeto modelo se enriquece mediante el diseño de algunos detalles del objeto concreto en cuestión, se restringe el dominio de aplicación de la teoría general, pero en compensación la hacemos verificable (Bunge, 1972, p. 25-26).

Si el modelo teorético T_s no concuerda con los hechos, y si podemos estar razonablemente seguros de que el error no proviene de los datos experimentales, habrá que modificar las ideas teóricas. Para ello, caben diversas posibilidades, ya sea variando el objeto modelo m, o ya conservándolo adoptando una teoría general distinta T_g, puesto que toda teoría especial está constituida, en principio, por una m y una T_g que no se dejan determinar recíprocamente. El tipo de cambio preconizado depende de las teorías generales implicadas y de la efectividad anterior del objeto modelo. Si las últimas teorías generales triunfaron con anterioridad, es prudente ensayar un nuevo objeto modelo, aunque para ello quizá haya necesidad de nuevos datos empíricos; pero si la teoría general ha fracasado en varias ocasiones, o la consideramos incierta, habrá que probar otros sistemas teóricos generales. En todo caso, el procedimiento de verificación de un esquema genérico no puede prescindir de la construcción de diversos objetos modelos, y el procedimiento de verificación de un modelo teorético puede llegar a ser tan complicado como se quiera (Bunge, 1973; Munitz & Kiefer, 1974), hasta tal punto que en muchas ocasiones no se sabe cuál es el verdadero (Bunge, 1972, p. 26-27).

Debemos, pues, distinguir el objeto modelo m que representa los rasgos clave, o que suponemos que lo son,

de un objeto concreto r, o que suponemos que lo es; el modelo teorético T_s que especifica el comportamiento y/o el (los) mecanismo(s) interno(s) de r por vía de su modelo m, y la teoría general T_g que acoge T_s (y otras varias) y que deriva su valor de verdad así como su utilidad de los diversos modelos teoréticos que se pueden construir con su ayuda, pero jamás sin suposiciones ni datos que la desborden, y recogidos por el objeto modelo m (Bunge, 1972, p. 27).

Capítulo III

ALCANCE Y CONTENIDO DE LOS MODELOS

ALCANCE Y CONTENIDO DE LOS MODELOS.-

1. Motivos que subyacen al uso de los modelos

La investigación científica utiliza los modelos de muchas formas, como instrumentos al servicio de distintas necesidades. El primer requerimiento al estudiar la construcción de los modelos en la ciencia es no olvidar su diversidad (Braithwaite, 1954), y, reconociendo su multiplicidad, hacer que este mismo instrumento no pueda realizar todas las funciones (frecuentemente la multiplicidad de la función se reconoce, pero no en toda su extensión, o no con respecto a la diferencia de estructura que implica; Hesse, 1953). Para Apostel (1961), son varios los motivos principales que subyacen al uso de los modelos:

a) Para muchos hechos, no existe teoría conocida. Si reemplazamos nuestro estudio en este campo por el de otra serie de hechos para los cuales la teoría es muy conocida, y tiene importantes características en común con el correspondiente de la investigación anterior, entonces podemos usar un modelo para desarrollar nuestro conocimiento desde un punto cero, o casi, de partida. Esto es lo que ocurre en neurología, en que reemplazamos el S.N.C. por un computador digital o análogo que muestre algunas de las peculiaridades neurológicas y estudie este nuevo objeto.

b) Para un dominio D (lo consideramos sinónimo de "campo" de pertenencia)de los hechos, precisamos de una teoría, para cuyo entendimiento serán necesarias unas técnicas. Cuando interpretamos las nociones fundamentales de la

teoría en un modelo, hay que hacerlo de tal forma que simplificando las frases podamos expresar esta afirmación; por debajo de las proposiciones simplificadas, la ecuación sería soluble. Por ejemplo, utilizando la teoría de los osciladores armónicos en el estudio de la conducción del calor.

c) Si dos teorías no están en contacto una con la otra, podemos ensayar utilizar una como modelo para la otra, o introducir un modelo común que interprete a ambas, y así relacione ambos lenguajes a cada orden.

d) Si una teoría se confirma, pero es incompleta, podemos asignarle un modelo en espera de completarla mediante el estudio de este modelo. Son casos especiales de este procedimiento: cuando se conoce una teoría cualitativa para un campo y el modelo introduce precisión cuantitativa; o se utiliza una teoría cuantitativa, pero no establecida con seguridad, y el modelo circunscribe el núcleo sólido de la teoría en términos cualitativos.

d) A la inversa, si obtenemos una nueva información en un campo, para asegurarnos de que la teoría nueva y más general se refiere a nuestro dominio, lo construiremos como un modelo de la teoría posterior, y veremos que todos los modelos de esta teoría se relacionanan con el domicio inicial construido como modelo, en una forma específica.

f) Incluso si tenemos una teoría acerca de una serie de hechos, esto no significa que hayamos explicado estos hechos. Los modelos pueden dar tales explicaciones (la teoría de partículas, o de la luz, o la mecánica estadística, son importantes ejemplos de explicación mediante la construcción de modelos).

g) En ocasiones, la teoría se precisa en torno de

un objeto que es demasiado grande, o pequeño, o peligroso, para observarlo o experimentarlo. Los sistemas se construyen entonces de forma que puedan usarse como modelos prácticos, experimentos en los cuales puedan tomarse como suficientemente representativos del primer sistema para dar la información deseada.

h) A menudo necesitamos tener una teoría para clasificar nuestros proyectos teóricos o prácticos. Un modelo hace esta globalización a través de una visualización o realización de una estructura formal cerrada.

i) Si frecuentemente ocurre que el nivel teórico está muy lejos del observacional, los conceptos no pueden ser interpretados inmediatamente en términos de observaciones. Los modelos entonces se introducen para constituir el puente entre los niveles teórico y observacional; tanto los predicados de unos como de los otros lo son del modelo, y éste posee entonces una completa relación entre las dos interpretaciones. Este modelo intermediario puede utilizarse para construir la teoría abstracta e incluso, si existen, hallar los campos de aplicación.

Todavía podrían hallarse otras funciones de los modelos en la investigación empírica, y con ayuda de suposiciones complementarias, algunas de estas funciones de los modelos pueden reducirse a otras. Lo ya mencionado -formación de teorías, simplificación, reducción, extensión, adecuación, explicación, concretización, globalización, acción o experimentación-, constituye una clase de sistema. Parece indicar que los modelos han sido introducidos en función de las relaciones entre teoría y teoría, entre experimentos y teoría, entre experimentos y experimentos, en

entre estructuras intelectuales y los sujetos que utilizan tales estructuras, y en todos los casos se ha llevado a cabo dinámicamente para producir nuevos resultados, o para enlazar los nuevos con los antiguos como garantías, o simplemente para establecer una relación.

Mientras que la resolución del problema de la conducta del hombre implica a otros factores que los vistos aquí, parece cierto que el modelo es un instrumento que media entre algunos de estos factores que han sido localizados adecuadamente.

Y así, las incógnitas que se nos plantean acerca del concepto de modelo en estos distintos papeles pueden ser:

1 - ¿Es posible derivar de la descripción de función las características de un modelo que tenga que adaptarse a este fin?

2 - ¿Qué tipo de modelo será preciso para conseguir que una función dada tenga una estructura que difiera para distintas teorías, hechos, o acciones?

3 - ¿Pueden formularse condiciones que determinen cuándo los modelos puedan cumplir una de estas funciones, y cuándo no puedan cuándo son sólo instrumentos, o posibles instrumentos entre otros?

4 - ¿Puede distinguirse alguna característica común, entre varios fines o estructuras eventuales, unificando así la extensión de la familia de modelos?

Claramente se ve la importancia de estos problemas. El concepto de modelo será inútil si no podemos deducir de su función una determinada estructura. El científico, en sus comentarios, utiliza el concepto de modelo en muy diver

sas formas, abandonando así el lenguaje simple y claro del modelo en la semántica formal o en la sintaxis.

2. Funciones de los modelos

Como la ciencia está en constante evolución, igualmente ocurre en la misma medida con los modelos de que se sirve. Así, algunos se han hecho cada vez más abstractos y teóricos, mientras que otros más concretos y representativos.

A cada tipo diferente de modelo corresponden distintas funciones, explicaciones, demostraciones, actividades y descubrimientos; y la evolución de los modelos que pasan de una categoría a otra corresponde también a la de sus funciones. Un modelo que se ha concebido para fijar determinadas ideas, para ofrecer un descansillo al pensamiento científico, y que tiene, por tanto, función explicativa o demostrativa, puede revelarse como origen de descubrimientos nuevos; en esta línea, entre los caracteres suplementarios de los que sostienen la analogía o el isomorfismo, es decir, los que les dan su cualidad de modelos, es posible hallar algunos que sugieran una nueva categoría de isomorfismos y conduzcan así al descubrimiento de relaciones insospechadas (Auger, 1965).

Efectivamente, la empresa científica consta de dos actividades relacionadas pero discriminativamente diferentes. Una es la observación de objetos y eventos de forma experimental y menos formalmente; la otra implica el uso de símbolos matemáticos y lingüísticos naturales, de acuerdo con las reglas para su manipulación, para representar estas experiencias sensoriales, y organizar lo que se obser-

va en algún orden comprensible, llegando a una representación de lo que todavía no se ha observado.

Vamos por ello a analizar ciertas funciones del modelo (Chapanis, 1961; Lachman, 1960):

1) Los modelos nos suministran modos de representación. Los elementos empíricos y las relaciones que constituyen los fenómenos al organizarse para una teoría los conocemos por un sistema simbólico o lenguaje que designan estos datos. Introduciendo un modelo que constituye un sistema organizado separadamente, ofrecemos un sistema adicional de representación para los fenómenos y una forma conveniente de hablar acerca de ellos. Una característica esencial de la representación "modular" (se refiere a modelo, no a modo) constituye la guarnición de nuevas formas de contemplar o pensar acerca de objetos empíricos y eventos. Los atributos y significados del modelo se han transferido de su contexto inicial de utilización al nuevo marco. Esta aplicación de modos de representación no precedentes puede llevarse a cabo en dos niveles:

- objetos y eventos formulados directamente de la observación se han considerado en torno a la nueva y no usual forma prescrita por el modelo.

- a otro nivel, un modelo puede dar lugar a otros por concebir ideas hipotéticas y postulados de una teoría. Asignamos algún individuo o combinación de peopiedades del modelo al constructo hipotético guiado por consideraciones pragmáticas de fertilidad predictiva y consistencia de uso requerida por la integración de diversas áreas. Al reiterar este punto importante, un modelo puede estar aplicado a objetos y eventos directamente accesibles (empíricos) a

conceptos inaccesibles e imaginarios de una teoría. Aunque los niveles de aplicación modular considerados no sean discretos, pero representen extremos de un continuo, no debe descuidarse una importante distinción: mientras las entidades teóricas puedan referirse a algo que queremos que sean, esto no es así para categorías cerradas a la observación; a las últimas nos referimos "como si". Si invocamos el modelo del condicionamiento, percepción, significado y conducta verbal no se llaman respuestas condicionadas; se dice que si están representadas y se habla de ellas como una forma, pueden obtenerse importantes consecuencias empíricas. Este punto está ilustrado por el análisis que hace Toulmin (1953, p. 29) del modelo de propagación rectilínea en la óptica geométrica: "No encontramos luz atomizada en rayos individuales: la representamos como consistente en tales rayos". (Toulmin,

2) Modelos funcionando como reglas de inferencia. Dadas las suposiciones de alguna teoría de acuerdo con los ordenamientos experimentales, una serie de razonamientos nos conduce a las frases de predicción. ¿De qué fuente surgen las reglas para tal inferencia?

En el lenguaje utilizado para hablar acerca de una teoría, el término modelo puede referirse directamente a un cálculo matemático o a un sistema de relaciones de alguna otra fuente que los computadores electrónicos, las clásicas leyes del movimiento, las leyes del condicionamiento, etc. Algunos de estos sistemas separados en conjunción con las condiciones iniciales de un experimento dado pueden permitir la predicción de lo que hay que observar. Auí, modelo significa las reglas por las cueles los símbolos técnicos (algunos, al menos, estando empíricamente coordina-

dos) están manipulados para llegar a nuevas relaciones; las reglas por las cuales una sentencia se infiere de otra o por las cuales se han derivado los teoremas. El cálculo de probabilidad utilizado en la teoría estadística del aprendizaje (Estes, 1959) ejemplifica un modelo matemático, mientras que algunas de las relaciones establecidas entre sistemas juegan un papel en dar reglas de inferencia o cálculos para la teoría de la información (Grant, 1954). Otro ejemplo lo constituyen las leyes del condicionamiento clásico, las cuales, solas o suplementadas, son los medios por los cuales las inferencias están tratadas en aplicación de la teoría r_g a un experimento dado (Kendler & Levine, 1951; Moltz & Maddi, 1956).

Las reglas de cálculo de los sistemas matemáticos y los principios semánticos del lenguaje natural son ellas mismas reglas de inferencia para el simbolismo implicado. En contraste con esta moda de derivación, Munitz (1957) reconoce la necesidad de distinguir una serie más específica de reglas de inferencia dadas por ciertas ecuaciones y un comentario textual suplementario, el cual prescribe la forma precisa por la cual los términos teóricos y los símbolos han de conectarse; ocasionalmente se les ha llamado "definiciones implícitas". Aunque algunos modelos puedan implicar como suposiciones y definiciones implícitas, van a formularse los términos "modelo matemático" y "modelo de condicionamiento", que aparentemente se refieren a principios generales de inferencia empleados en el primer sentido bastante más que las definiciones implícitas.

3) Función interpretativa de los modelos. Las reglas de inferencia o cálculos de la teoría de r_g se formulan enmendando y adaptando las reglas contenidas en el mo-

delo del condicionamiento; el modelo cumple la función adicional de interpretar los cálculos. Éste no es el caso para teorías con reglas de inferencia adoptadas primariamente de un cálculo matemático; el modelo matemático puede ser suplementado con uno o más modelos adicionales, los cuales sirven para interpretar y hacer inteligibles las reglas de inferencia empleadas. La teoría estadística del aprendizaje de Estes (1959), por ejemplo, hace uso del modelo de muestreo del estímulo; este segundo modelo da un modo de representación que funciona como un modo coherente de hablar acerca de la teoría. Además, funciona como una posible interpretación de los términos teóricos; fórmulas y símbolos se volverían inteligibles por la interpretación modular, la cual también nos muestra cómo aplicar la teoría y sugiere procedimientos para extender el uso de parámetros individuales y de la teoría como un todo. De esta forma, el modelo citado de muestreo del estímulo tendería a sugerir que extendiendo el alcance de la teoría estadística del aprendizaje para incluir fenómenos motivacionales, serían conceptualizados éstos como estados "depreviacionales", como produciendo configuraciones diferenciales de series de estímulos válidas para muestreo; esto es precisamente lo que hace Estes (1958).

Algunas aplicaciones del modelo del condicionamiento sugieren, en adición a los principios de inferencia, las reglas para su aplicación a los fenómenos implicados y la interpretación de los principios de infefencia. Aquí, la interpretación modular de proposiciones como: la fuerza de r_g incrementa a alguna asíntota como función de la cantidad, tiempo y magnitud de experiencia consumatoria en

la caja meta. En Psicología, tales relaciones síntoma se han llamado generalmente "definiciones coordinantes", las cuales designan las clases de proposiciones que vinculan los términos teóricos con sus sentencias empíricas asociadas. Hutten (1956, p. 87) añade: "El modelo se convierte en un eslabón entre teoría y experimento. Nosotros explicamos y probamos la teoría en términos del modelo".

4) Modelos que dan una visualización gráfica. Probablemente el significado más extensamente empleado y el servicio rendido por un modelo consiste en la reproducción del prototipo teórico en términos de grádicos mentales o imágenes. Los agentes que median esta función se extienden de un sistema separado rigurosamente integrado a una libre analogía con experiencia sensorial familiar. La popularidad de esta actividad modular sigue el deseo de una explicación intuitivamente satisfactoria de cualquier teoría. La preocupación de los físicos clásicos con la construcción de modelos de este tipo gráfico limitado iniciaba la contra-opinión de que la construcción del modelo era una empresa desacreditada. Duhem (1954) consideraba la construcción del modelo supérflua y el refugio de mentes débiles. Todavía actualmente son evidentes formas residuales de esta posición; Carnap (1955), mientras reconoce su valor estético, dialéctico y heurístico, habla de modelos no esenciales para una sucesiva aplicación de la teoría. Aunque puede ser verdadero acerca de alguna actividad teórica como una generalización, es deficiente en varias materias y olvida ciertos aspectos esenciales de la conducta de un buen número de científicos. En la moderna física, a pesar de que la representación visual no es más que un pre-requisito para

la aceptación de una teoría, el modelo gráfico puede servir decididamente en la fase inicial de la construcción de la teoría. La axiomatización de una teoría, o los intentos para llevarla a cabo, no comprometen este argumento; la construcción de un sistema axiomático, aparentemente, no se ha intentado hasta que la construcción de la teoría está en camino, usualmente con la ayuda de algún modelo. Es necesario, sin embargo, distinguir cuidadosamente las simples funciones gráficas de las empresas menos triviales descritas antes. Un modelo que suministra gráficos intuitivos puede atender también una o más de las funciones enumeradas previamente con incluencia por encima de la construcción de la teoría y aplicación que no puede ser fácilmente valorada excesivamente. A la inversa, un modelo que da sólo una representación visual sirve, a lo mejor, didácticamente; incluso entonces probablemente induzca a error al estudiante al que se lo enseña (Lachman, 1960).

5) Modelos que describen y nos ayudan a entender sistemas complejos o eventos. En primer lugar, los modelos describen sistemas complejos o eventos en términos simples que nosotros podemos entender fácilmente. Es decir, esencialmente, reemplazando sistemas intrincados y complejos por analogías más simples y familiares. En este papel, los modelos son indispensables para la enseñanza, y en cada nivel, desde el parvulario a la universidad. De hecho, este uso de los modelos es tan común y bien aceptado que podemos perder fácilmente su visión en algún tratamiento sistemático del sujeto.

No debemos tener la idea, sin embargo, de que los modelos frecuentemente se utilizan sólo para describir estructuras tangibles y sistemas. También pueden usarse pa-

ra describir teorías, conceptos e ideas; pensemos a este efecto en el modelo mecánico de Broadbent (1957) para la atención humana.

6) Los modelos nos ayudan al aprendizaje de tareas complejas.

7) Los modelos nos dan el marco dentro del cual se llevan a cabo experimentos. Esta función de los modelos es particularmente pertinente, según opina Chapanis (1961), para la ingeniería psicológica, porque muchas de nuestras investigaciones son originadas y motivadas por problemas del mundo real. Nos podemos preguntar, pues, qué hay que hacer cuando llevamos a cabo un experimento en esta ciencia: Primero observamos algunos aspectos de la interacción hombre-máquina en el mundo real para tener una respuesta empírica, y luego abstraemos de la situación del mundo real aquéllas variables, independientes y dependientes, que parecen relevantes, diseñando un experimento con ellas (Rosenblueth & Wiener, 1945). A veces incluso podemos decir que nosotros "simulamos" en nuestro experimento de laboratorio. Sin embargo, no dudamos acerca de un hecho: nuestra situación experimental es un modelo del mundo real. Para una considerable extensión, la generalidad de nuestros hallazgos experimentales depende de la fidelidad del modelo que nosotros hemos hecho del mundo real.

Los experimentos como modelos difieren de muchas otras clases de modelos, al menos en un importante aspecto. Las conclusiones obtenidas de los modelos más ordinarios han sido halladas por argumentos matemáticos, por aplicación de las reglas formales de la lógica, o por algunas de las de razonamiento menos rigurosas. Las conclusiones se de-

ducen de conceptos básicos, suposiciones, relaciones, y principios construidos dentro del modelo. Es una técnica tautológica, porque sólo podemos sacar del modelo lo que hemos puesto dentro de él (información); las conclusiones son inexorables. Es como responder a una pregunta de múltiple elección: la respuesta que damos se halla contenida en la pregunta.

Cuando utilizamos experimentos como modelos, sin embargo, interrogamos a la naturaleza para sus conclusiones, Hacemos una pregunta de respuesta abierta, y las contestaciones que tengamos serán casi de variedad ilimitada.

8) Los modelos nos ayudan a ver nuevas relaciones. Consideremos el impacto del modelo de la información: ¿Por qué tiene tanta importancia este modelo en la Psicología contemporánea? ¿Es debido a que antes no teníamos ninguno? No es así. Si miramos atrás en viejos libros de nuestra Ciencia, antes de la aparición de la teoría de la comunicación, hallamos el mismo esquema, aunque no se utilicen términos como estímulo, receptos, efector, respuesta. Por consiguiente, la novedad del modelo no es lo más importante.

La razón del impacto de este modelo en Psicología está en que nos hace ver viejos problemas de forma nueva. Cuando se desarrolló la teoría de la información, y se aplicó a las reden de conexión y a los sistemas de comunicación, resultó que había algo llamado "capacidad de conducto" que describía la cantidad de error-libre información que podía ser transmitida a un alambre, a las ondas del aire, o a lo largo de un portador de señales. Esto era algo que ocurría en las máquinas. Pero desde que el operador humano pudo pa

sar al mismo patrón, estalló inmediatamente una interesante pregunta en muchas mentes: "¿Acaso esta capacidad de conducto que hallábamos en las máquinas era parecida a la de la gente?" (Chapanis, 1961, p. 118). Y esta línea generó gran investigación informativa. La idea de la propia medida de la información, la idea de que la información era algo relacionado con un número de posibles alternativas, y el concepto de redundancia, surgieron con el modelo cuando se tomó prestado de los ingenieros y nos sirvió a nosotros.

Este papel de los modelos de sacudirnos de nuestras formas convencionales de pensamiento (Deutsch, 1948-49) es importante, y especialmente si estas nuevas formas de contemplar viejos problemas generan investigación. Los resultados de ésta -datos buenos obtenidos de experimentos bien diseñados- duran invariablemente más que los modelos, los cuales estimulan la investigación en primer lugar. Si alguien de nosotros necesita modelos para motivarnos a la buena investigación, entonces, por todos los medios, ¡tengamos modelos!

9) Los modelos nos ayudan a predecir cuando los experimentos son imposibles. Otra función importante de los modelos es la capacidad que tiene el investigador para hacer predicciones acerca de eventos complejos cuando la investigación es difícil o imposible. Esto puede suceder por varias razones. A veces los eventos son tan complicados que sería excesivamente caro llevar a cabo un experimento. Al utilizar rigurosos métodos de experimentación controlada para un problema puede agotar los recursos económicos de la entidad.

10) Los modelos están presentes en el diseño. Los modelos son también muy utilizados en otros tipos de pro-

blemas prácticos como éste, ayudándonos a visualizar cuál será el final de algún proceso. Los modelos tri-dimensionales son mucho más potentes que los dibujos o representaciones simbólicas; muchos errores serios de diseño son detectados por los modelos tri-dimensionales, cincluso después de cianotipos y planos que han sido completamente verificados y aprobados.

11) Los modelos nos divierten. Al evaluar convenientemente su papel en el trabajo científico, tenemos también que reconocer que una de las razones por las cuales los científicos gastan mucho tiempo con ellos es porque son divertidos al diseñar, al construir, y al contemplar.

Los modelos réplica son interesantes y divertidos para cualquiera, ya sea el inventor, un espectador interesado, o un transeunte casual (Chapanis, 1961). En los modelos más matemáticos, sólo es el inventor el que se divierte. El trabajo de atacar muchos modelos recientes simbólicos es tedioso, difícil, y generalmente no recompensado.

Hull, un ingeniero que se convirtió en psicólogo, llevó a cabo la construcción del modelo formal de la conducta (1937), principalmente porque resultaba divertido para él. Jacobson (1958) describe con gran detalle la aparición, conducta y construcción de varios modelos que simulan un proceso que, por el momento, no está identificado; se supone que simula la unión de las células en el proceso de la reproducción, pero no nos ayuda a entenderlo; el propio autor lo reconoce, y emplea mucho tiempo en señalar las deficiencias de sus modelos, sin embargo, tal modelo era divertido de construir.

Chapanis (1961) no se opone a que sean divertidos,

sino que los aprueba sinceramente. Pero en nuestra búsqueda de un orden lógico y la justificación racional de nuestra conducta científica, no debemos perder la visión del hecho de que gran parte de lo que hacemos está motivado por la mera diversión de hacerlo, tanto los que son científicos como los que no. Al llevar a cabo experimentos, elaborar teorías, y construir modelos, nos divertimos; Chapanis (1961) está convencido de que "los científicos frecuentemente se entretienen con modelos porque los modelos los entretienen a ellos" (p. 121).

12) Desde el punto de vista epistemológico, una importante función de los modelos es como <u>interpretación</u> de una teoría, tal que, para algunos autores, modelo e interpretación son expresiones sinónimas. Carnap, sin embargo, distingue (Schilpp, 1963) ambas nociones: un "modelo" de un lenguaje, desde el punto de vista matemático usual, consiste en asignar valores extensionales a las constantes y a las variables, es decir, traducir por signos los entes que los realizan. Una "interpretación" de un lenguaje (o de un sistema de axiomas) consiste en asignar significados a los signos y a las fórmulas (o enunciados), lo que puede llevarse a cabo formalmente, mediante reglas semánticas explícitas, o informalmente, mediante indicaciones no técnicas de cualquier forma. La interpretación y el modelo son, pues, dos modos de "traducir" una teoría: la primera se consuma en el plano del lenguaje; la segunda se cumple en un nivel óntico, es decir, con respecto a objetos o entes.

13) Una última función de los modelos, igualmente en un plano epistemológico, es su empleo explicativo, es decir, considerar un modelo como un modo de explicar una teoría (Asti Vera, 1972). El modelo como interpretación,

en el sentido anteriormente explicado, y el modelo como explicación, pueden coexistir. En este último sentido, el modelo se constituye en un instrumento intelectual que hace más preciso y claro el análisis. Por ejemplo, la teoría biológica del S.N.C. es sustituida parcialmente por un modelo cibernético, que permite simplificar relaciones complejas y entenderlas mejor.

3. Usos no necesarios de los modelos

El isomorfismo de las leyes de una teoría con las de otra define inequívocamente el término "modelo", el cual, infortunadamente, tiene otros usos. Otros dos significados son especialmente prevalentes: uno de ellos no tiene nada que ver con el concepto de isomorfismo; el otro, sí está relacionado, pero de forma distinta de la que hemos visto. El mismo vocablo aplicado a tres clases diferentes de cosas es confuso naturalmente. Además, la ambigüedad resultante es casi innecesaria, ya que hay otros términos que caracterizan adecuadamente estos otros usos. Según Brodbeck (1959, p. 381), "una cosa, una palabra", es una buena idea.

El primer uso innecesario de modelo es como sinónimo de "teoría". En particular, se utiliza para teorías que tienen algunas o todas de estas cuatro características diferentes (Brodbeck, 1959):

a) Cualquier teoría no probada o incluso no probable puede ser llamada "modelo". Las teorías especulativas, como aquéllas acerca de los correlatos neurofosiológicos de la conducta, o las dostrinas del psicoanálisis, para las cuales la evidencia empírica es escasa, son lla-

madas a veces modelos, aparentemente a causa de una repugnancia a su honor como teorías presuntuosas; no hay nada en el concepto de una teoría, como una serie de hipótesis acerca de un área, que diga que debe ser verdadero o es conocido que lo sea.

b) Construyendo una teoría suponemos abstracción.

"Abstracción", como "modelo", es equívoco; en un contexto, se refiere a esta selección siempre necesaria para describir la palabra. Todas las teorías, se refieran o no a la conducta humana, omiten algunas variables simplemente porque no son relevantes al fenómeno que ha de ser explicado o predicho por la teoría. La timidez, la perplejidad, acerca de tales omisiones perfectamenre legítimas, parece peculiar para la ciencia social. Viene sugerida por frases como "hombre económico" o "tipo ideal". La casi innecesaria falta de confianza acerca de variables olvidadas está a veces reflejado llamando a estas teorías "modelos"; el hombre económico, en una formulación, siempre busca maximizar su utilidad; pero esto es una parte de una teoría que afirma, en efecto, que, estadísticamente al menos, pueden ser omitidos otros motivos cuando predecimos la conducta de un ente social. De forma similar, tipos ideales de sociedad afirman implícitamente que el efecto de las variables no mencionadas es despreciable. Pero esto es verdad de cualquier teoría. La mejor de éstas, el mayor cnnocimiento que tenemos acerca de las condiciones bajo las cuales están las variables omitidas, hace o no una diferencia; si no existe el hombre económico o el tipo ideal de algo, entonces son falsas ciertas teorías sugeridas. Las llamaremos "modelos" al no hacerlas más verdaderas.

c) En otro contexto, "abstracción" se refiere a cosas como el gas perfecto o ideal, velocidad instantánea, etc., entidades que son todas físicamente imposibles. Las teorías que hacen uso de éstas y otras entidades "ideales" también son llamadas modelos.

d) Cuando los números pueden ser vinculados a los conceptos de una teoría, de tal forma que podemos decir cómo muchas de las propiedades están presentes, o cómo cambian bajo ciertas condiciones, entonces la teoría está cuantificada. Los científicos sociales ahora ensayan valientemente cuantificar sus términos. Las teorías cuentificadas pueden ser construidas, ya sea directamente de los hechos observados, o, bastante más frecuentemente, de conjeturas acerca de los hechos. Éstas son, después de todo, teorías justas; sólo en un caso muy especial, que discutiremos más tarde, y que no tiene contrapartida en la ciencia social, los físicos han llamado a las teorías "modelos". No obstante, dentro de la ciencia social, las teorías cuentificadas ahora han sido llamadas frecuentemente "modelos", y, particularmente, "modelos matemáticos". El término "matemático", para algunos autores, es radicalmente ambiguo, y la frase "modelo matemático" compone la ambigüedad. En cualquier caso, la vaguedad, selección, idealización, y cuantificación son características para un mayor o menos grado de la mayoría de las teorías que valen la pena. Entonces, ¿qué ganamos, a no ser que una confusión innecesaria, llamando "modelos" a teorías que participan en algunas o todas de estas características?

4. Criterios de evaluación de los modelos

Siguiendo el análisis de la ciencia de Toulmin (1953), el cual, a su vez, estaba influenciado por los puntos de vista de Wittgenstein (1922), se establecieron varios fundamentos para juzgar un modelo:

a) Desplegamiento: El grado en el cual los términos del modelo, en su primario contexto de uso, pueden ser presentados sucesivamente a una nueva composición. En la teoría r_g, "desplegamiento" significa la extensión en la cual el r_g inobservable puede ser asignado a las propiedades de su contrapartida observable, la respuesta condicionada. Como las propiedades adicionales y las leyes del sistema separado se asignaron por r_g, el modelo del condicionamiento está siendo "desplegado".

b) Extensión: Es el rango del fenómeno al cual el modelo es aplicable. Esto significa el número o extensión de hechos y datos que pueden derivarse de la utilización del modelo. De acuerdo con este punto de vista, una teoría no contiene límites formales; en cambio, la extensión de su aplicabilidad está empíricamente determinada.

La descripción de la extensión de una teoría da las pautas e incentivos para una subsecuente teorización. Esto puede dar la forma de los cambios en la teoría inicial o la construcción de un sistema más comprensivo. En el último caso, la teoría original frecuentemente se convierte en una primera aproximación o una instancia especial de la teoría general: las ecuaciones de la teoría comprensiva reducen a ecuaciones el sistema limitado por los casos especiales involucrados. Los esfuerzos de Estes y otros constructores de modelos matemáticos hicieron posible afrontar este futuro estado de cosas en Psicología.

Mientras la "extensión" se refiere a los derivativos empíricos de una teoría, la cual está generada con la ayuda de un modelo, el "desplegamiento" es un atributo de la serie de relaciones o significados contenidos en el modelo que se emplean en formular las proposiciones lógicas de la teoría. Generalmente, cuanto más desplegado sea el modelo, mayor será la extensión de la teoría; el inverso, sin embargo, no es cierto.

c) Precisión: Grado en el cual las consecuencias de una teoría están inequívocamente derivadas a través de la aplicación de las reglas de inferencia suministradas por el modelo. Este hecho es de especial importancia, ya que el carácter pre-cuantitativo de la mayoría de los modelos en Psicología permite frecuentemente derivaciones contradictorias.

Varias implicaciones del punto de vista que genera estos criterios merecen una consideración específica (Lachman, 1960). Un punto fundamental se refiere al criterio de verdad. A pesar de que los términos verdadero y falso son aplicables a sentencias empíricas, estos adjetivos están desprovistos de significado cuando se aplican a un modelo o a la teoría que sirve el modelo. Un modelo tiene un menor o mayor desplegamiento y extensión, y un cierto grado de precisión, pero no verdad o falsedad.

Juntamente con estos tres criterios de juicio, existe la dicotomía entre modelos que dan cálculos, definiciones coordinantes y funciones conexas, y aquéllos que dan sólo una imagen gráfica. Los últimos, en Psicología, tienen la forma de mapas cognitivos, cuadros de distribución S-R, campos de la conducta, y una variedad de cosas peculiares en el S.N. Cuando nos equivocamos con instrumentos más serios,

el modelo exclusivamente gráfico puede generar una buena cantidad de trabajo experimental inútil, punto elocuentemente representado por Kendler (1952). Donde la función inferencial o interpretativa está sacrificada por el gráfico más intuitivo tal como se refleja en el modelo, "la riqueza existencial de la vida humana ..." (Allport, 1955, p. 11), el científico usurpa la función del poeta.

Una consecuencia de los términos modulares confusos en las sentencias empíricas es la variedad de casos que continuamente están en contra de uno u otro modelo. Por ejemplo, Harlow (1953) afirma que la simple conducta tiene un valor explicativo sólo para fenómenos más simples, y no da información que se refiera a la conducta compleja. Este punto de vista pierde toda urgencia cuando uno busca la base para la distinción entre lo simple y lo complejo; ocasionalmente, la distinción se expuso para que fuera evidente por sí misma. Sin embargo, esto no puede ser seriamente contemplado, como aquello que se considera evidente para una generación de la ciencia, y es juzgado como absurdo por la siguiente. Más frecuentemente, la didtinción entre fenómenos simples y complejos se afirma por encima del conocimiento más extenso acumulado referente a lo pasado: lo que es relativamente bien entendido es simple, lo que es menos conocido es complejo. Harlow (1953) y Asch (1952) han hecho la mejor crítica de la"simplicidad" implícita en el modelo del condicionamiento. Podemos mirar hacia adelante esperando el día en que la investigación, para estos científicos, transforme las conductas "complejas" incentivo-motivacionales, exploratorias y sociales en fenómenos "simples".

5. Peligros en la utilización de los modelos

En todos sus usos, los modelos están sometidos a fuentes de error muy importantes, y precisamente porque son muy utilizados en el trabajo científico, es especialmente necesario que reconozcamos claramente cuáles son sus limitaciones, evitando así caer en conclusiones peligrosas y falsas. Estas limitaciones son tantas que es difícil clasificarlas (Chapanis, 1961):

1) Los modelos invitan a una sobregeneralización: El peor error es olvidae que, en el mejor de los casos, un modelo representa sólo una parte -y normalmente sólo una pequeña parte- de la cosa modelada. Hay una tendencia casi universal a suponer que un modelo, una vez está construido o modelado, es más que aquello.

Los modelos del operador humano pueden ser convenientes y útiles, pero debemos recordar que un modelo réplica o simbólico resulta, todo lo más, una cruda aproximación de lo real. El único modelo razonablemente exacto de un operador humano es otro operador humano; incluso algo que en ocasiones hemos aprendido como psicólogos nos advierte que una persona no es un buen modelo para otra, a menos que se trate de gemelos idénticos.

Es difícil no dejarse mecer en el "deformado mundo de ilusión y alucinación, por la fragancia temeraria e intoxicante de este mágico modelo del mundo" (Chapanis, 1961, p. 122). Para Chapanis, el antídoto es sólo uno. Cuando alguien utiliza la palabra "modelo", él lo reemplaza por el término "analogía", y considera que el resultado es un fresco aliento.

Igualmente para Chapanis (1961), hay otras formas

formas de ver esta dificultad. Una es decir que el modelo falla al incluir ciertas variables y relaciones que pueden hallarse en la cosa modelada. Los modelos son siempre incompletos; ésta es una razón por la cual el "transfer" del adiestramiento no es nunca completo cuando vamos del artificio a lo real; es también parte de la razón por la cual los resultados de muchos experimentos acerca del hombre siempre están sujetos a algún error cuando intentamos aplicarlos a las situaciones reales. Debemos estar seguros de que variables importantes en el mundo real están vigiladas en el montaje de los modelos, a pesar de lo cual siempre escapan, al menos en parte, a la acción del constructor de tales modelos.

2) Los modelos nos incitan a cometer una lógica falacia. Pensemos en un ejemplo sencillo: Si partimos de la frase condicional "si A, entonces B", que tomamos como cierta, y afirmamos que B es verdadero, ¿quiere ello decir que A es también verdadero?

En esta simple forma simbólica, la falacia es inmediatamente aparente. Pero cuando se nos muestra en la forma altamente disfrazada de modelo matemático, no es fácilmente reconocida. Un modelo matemático normalmente se inicia con una serie de variables, constantes, y relaciones. Hay la de A de nuestra frase condicional; de ésta se deduce alguna consecuencia o alguna función del modelo, que es la B. Si la consecuencia o función deducida se halla de acuerdo con alguna función en la vida real (esto afirma la verdad de B), a veces hallamos al autor del modelo que afirma que éste prueba la validez de las variables, constantes, y asume relaciones en las cuales se inicia (las de A). Aunque alguien piense que no se puede "probar" una teoría, es fácil

olvidar que este axioma es incluso más pertinente para los modelos.

3) Las relaciones entre las variables pueden ser incorrectas: Una o más de las relaciones funcionales asumidas entre las variables críticas del modelo puede ser incorrecta, esto es, las relaciones en el modelo no pueden conformarse a aquéllas que actualmente existen en el objeto o evento que se está modelando. Este peligro se da, particularmente, en los modelos del hombre. Es fácil inducir a error acerca de cómo las variables están relacionadas en la conducta humana, incluso cuando la lógica y el sentido común parecen estar de su lado (Chapanis, 1959).

Puede ocurrir en los modelos simbólicos y en los modelos ráplica (ver más adelante). Sin embargo, construyendo estos últimos, debe haber siempre una básica distorsión de las variables básicas (Murphy, 1950); no es suficiente, simplemente, reducir la cosa que se está modelando por algún factor a escala lineal, porque su radicalidad altera las relaciones entre la longitud, área y volumen del objeto. Esto se refiere frecuentemente a la ley de "cuadrado-cubo" que establece que, como un cuerpo se reduce en área, su área reduce con el cuadrado, y el volumen reduce con el cubo de su dimensión lineal. Esto, naturalmente, presenta serios efectos en muchas propiedades del modelo. Las implicaciones de estas distorsiones para ciertos experimentos humanos de ingeniería en las cuales los modelos a escala se utilizan para representar el operador humano son, según Chalanis (1961), aparentes.

Una ilustración de este principio es la siguiente: Si construimos cuidadosamente un modelo a escala de un tren

eléctrico, hallaremos que tal modelo no puede estar en los raíles, ya que los bordes de las ruedas del modelo (a pesar de una escalización meticulosa) serán demasiado pequeños para el peso y masa del modelo.

Por debajo de todas estas consideraciones hay algunas cuestiones básicas acerca de la validez de las matemáticas que utilizamos en nuestros modelos del hombre. Éste es un problema muy general que se refiere, sobre todo, a psicólogos que estudian la medida. Como señala Stevens (1951), la medida es el proceso de enlazar este modelo formal que llamamos matemáticas a aspectos discriminables de objetos o eventos; antes de que podamos medir nada en Psicología, hay que validar el modelo matemático, esto es, tenemos que estar seguros de que las reglas formales que utilizamos tienen su contrapartida en los objetos a los cuales se aplica. Las medidas son a varios niveles, de acuerdo con las características de lo que se tenga que medir.

4) Las constantes asumidas en el modelo pueden ser incorrectas: Ya que estos errores se deden, en parte, al efecto del azar en los errores de medida, nunca podemos esperar eliminarlos completamente. Lo mejor que podemos hacer es reducir su magnitud para que la precisión sea aceptable para el modelo. Aunque el modelo implica el hombre y sus características, sin embargo, hay otras fuentes de error; varios escritores han comentado el hecho de que los psicólogos no tienen virtualmente constantes universales para describir el rendimiento humano. Incluso cuando hallamos las llamadas constantes de la conducta humana, encontramos siempre inevitablemente que han sido determinadas en uno o dos sujetos para una muestra no suficientemente representativa, o para condiciones no reales. Los datos representativos acerca del

rendimiento humano continuarán siendo una fuente de error en todos los modelos que impliquen hombres durante algún tiempo (Chapanis, 1949; Chapanis, 1959).

5) Los modelos frecuentemente no están validados (y si lo están, los procedimientos utilizados no son válidos): No es tanto una crítica de los propios modelos como de los constructores de éstos. Chapanis (1961) afirma que en ocasiones está aterrado de la buena fe que algunos de dichos constructores tienen en las propias facultades de razonamiento analítico y sintético cuando se proponen elaborar modelos de la conducta humana; son muchos los cases de pobres diseños originales en el razonamiento cuidadoso de cualquiera, en el análisis lógico de una situación de trabajo. Y sigue pensando Chapanis que cambiaría alegremente cien conjeturas bien informadas a la vez por los resultados de un experimento llevado a cabo cuidadosamente.

Incluso cuando hallamos constructores de modelos que intentan validarlos de alguna forma, en muchas ocasiones están utilizando como evidencia científica la forma más cruda de las observaciones recogidas bajo condiciones totalmente sin controlar.

6) La construcción de un modelo desvía normalmente la energía hacia una actividad no productiva: la crítica final de la construcción es que el "modelador" frecuentemente se intriga con la formulación de sus modelos, que él construye para problemas esencialmente triviales. Teniendo a disposición una gran máquina electrónica, por ejemplo, invita a ensayar toda clase de cosas, y además es divertido jugar con los computadores. Considerando el estado de conocimientos en el campo de la Psicología, y, en general, de todas

las Ciencias Humanas, los problemas más fáciles para construir modelos son aquéllos esencialmente sin importancia, aunque parezca paradójico.

Capítulo IV

FUNCIÓN EXPLICATIVA DEL MODELO

FUNCIÓN EXPLICATIVA DEL MODELO.-

1. La lógica de la explicación

Los modelos se dan como explicaciones de los sistemas de los cuales son modelos. Quizá no hay una refutación más clara de la tesis según la cual explicar es inferir el hecho de que la explicación ocurra tan frecuentemente, o casi siempre, a través de la construcción de modelos.

Explicar un fenómeno, en el lenguaje de nuestra experiencia, contestar a la pregunta ¿por qué?, es uno de los objetivos de toda investigación racional, y especialmente la investigación científica en sus diversas ramas lucha para llegar a una descripción de sus objetos de estudio a través de una explicación. Ahora bien, mientras hay un acuerdo bastante general acerca de este principal objetivo de la ciencia, existen considerables diferencias de opinión acerca de la función y las características esenciales de la explicación científica.

A) Explicación de hechos: Hempel (1948), al plantear el modelo básico de la explicación científica, de gran utilidad y aplicación en nuestro ulterior desarrollo del modelo de comportamiento humano, divide una explicación en dos grandes constituyentes: el explanandum y el explanans. Por explanandum entendemos los enunciados que describen el fenómeno a explicar (no el fenómeno en sí); por el explanans, la clase de enunciados que se aducen para dar cuenta del fenómeno. El explanans presenta dos subclases: una contiene ciertos enunciados C_1, C_2, ..., C_r, que formulan las condiciones antecedentes específicas; la otra es una serie de enun-

ciados L_1, L_2, ..., L_r, que representan las leyes generales.

Si una explicación propuesta es buena, sus constituyentes tienen que satisfacer ciertas condiciones de suficiencia, que pueden a su vez dividirse en condiciones lógicas y empíricas (Hempel, 1948).

I. Condiciones lógicas de suficiencia:

(R_1) El explanandum debe ser una consecuencia lógica del explanans; en otras palabras, el explanandum debe ser lógicamente deducible de la información contenida en el explanans; de lo contrario, el explanans no debería constituir base adecuada para el explanandum.

(R_2) El explanans debe contener leyes generales, que han de cumplirse para la deducción del explanandum. Sin embargo, no haremos una condición necesaria (según Hempel, 1948) para una buena explicación el que el explanans deba contener al menos un enunciado que no sea una ley.

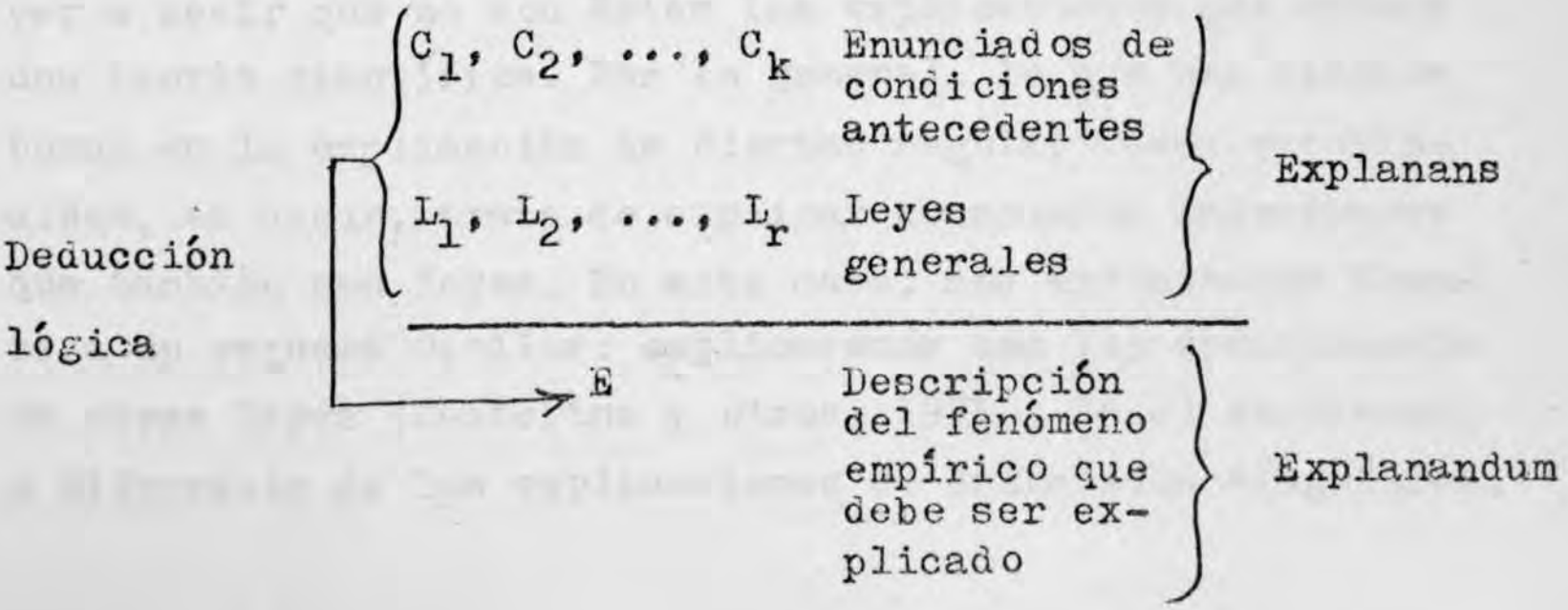
(R_3) El explanans debe tener contenido empírico; ha de ser capaz, al menos en principio, de prueba por un experimento u observación. Esta condición está implícita en (R_1); desde el momento en que el explanandum se supone para describir varios fenómenos empíricos, se sigue de (R_1) que el explanans supone al menos una consecuencia del carácter empírico, y este hecho le confiere contenido comprobable y empírico.

II. Condición empírica de suficiencia:

(R_4) Los enunciados del explanans deben ser verdaderos. Es obvio que en una buena explicación los enuncia-

dos que constituyen el explanans tengan que satisfacer condiciones de corrección. Pero puede parecer más apropiado estipular que el explanans tenga que ser altamente confirmado por la evidencia relevante en validez más que en certeza. Esto, sin embargo, conlleva delicadas consecuencias. Supongamos que un cierto fenómeno fue explicado en un primer estadio de la ciencia por medio de un explanans que ha sido bien probado por la experiencia, pero ahora ya no nos convence en absoluto según recientes hallazgos empíricos. En este caso, tenemos que decir que originariamente la explicación era correcta, pero que más tarde se precisaba otra. Esto no está de acuerdo con el buen sentido común, que nos dice que en las bases de la limitada evidencia inicial, la verdad del explanans, y de este modo la bondad de la explicación, la han hecho casi probable, pero la mayor evidencia ahora válida hace altamente probable que el explanans no sea verdadero, y de aquí que la explicación no sea correcta -ni nunca lo haya sido-.

Algunas de estas características de una explicación se resumen en el siguiente esquema (Hempel, 1948):



Planteadas así las cosas, es importante señalar que se ha desplazado el análisis de los hechos a los enunciados que hablan de los hechos. En rigor, tendremos que decir que lo que se ha definido es más bien la explicación de un enunciado que la explicación de un hecho.

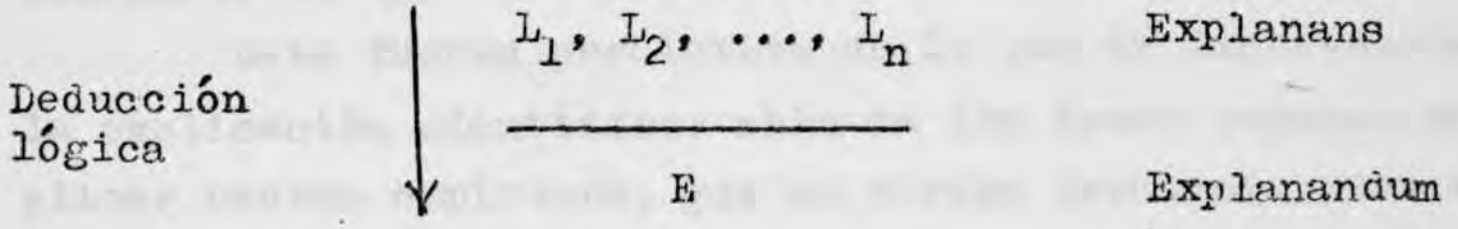
Creemos que una forma adecuada de plantear todos los problemas centrales que se desprenden del estudio del conocimiento científico consiste en ubicarse en esta perspectiva lingüística (Castorina y otros, 1973). En efecto, una vez presentados los problemas lógicos del lenguaje de la ciencia, podremos plantearnos de qué manera este lenguaje, que constituye el esquema de toda teoría científica, se relaciona con la realidad de la cual habla, surgiendo así los problemas de la construcción de modelos adecuados.

B) Explicación de leyes: Si hasta aquí Hempel ha buscado la explicación de hechos, en donde el explanandum era un enunciado singular, para que pueda ser deducido uno o varios enunciados universales, es decir, para la explicación de leyes, es indispensable, desde el punto de vista lógico, que figuren también enunciados singulares en las premisas, es decir, en el explanans.

Pero es indudable que no solamente se buscan explicaciones de hechos singulares; incluso nos podemos atrever a decir que no son éstas las explicaciones que ofrece una teoría científica. Por lo general, lo que una ciencia busca es la explicación de ciertas regularidades establecidas, es decir, trata de explicar enunciados universales que también son leyes. En este caso, nos encontramos frente a un esquema similar: explicaremos una ley deduciéndola de otras leyes (Castorina y otros, 1973). En el explanans, a diferencia de las explicaciones de enunciados singulares,

no aparecen condiciones antecedentes; además, aparece más de una premisa, y cada una es esencial para la deducción del explanandum; y finalmente, las premisas, consideradas aisladamente o en conjunto, no pueden deducirse del explanandum. Este último requisito es bastante obvio, pues de ser ello posible, el explanans y el explanandum serían equivalentes, lo que convertiría la explicación en una de circular: el explanandum no haría otra cosa que repetir de manera diferente lo mismo que se dice en el explanans (Nagel, 1961, p. 34).

En resumen, el esquema nomológico deductivo para explicar leyes sería el siguiente (Castorina y otros, 1973, p. 37):



C) Tesis de la simetría: Explicación y predicción. Hempel (1948) ha agregado a esta concepción de la explicación la llamada tesis de la simetría entre explicación y predicción (ver Hanna, 1968; Hanson, 1969). El mismo análisis formal, incluyendo las cuatro condiciones necesarias, lo aplica a la predicción científica igual que a la explicación; considera que la diferencia entre ambas es de carácter pragmático. Dado E, es decir, si sabemos que ha ocurrido el fenómeno descrito por E, y después se presentan una serie apropiada de proposiciones $C_1, C_2, \ldots, C_k, L_1, L_2, L_r$, hablamos de una explicación del fenómeno en cuestión. Si están dadas las últimas proposiciones y E se deriva previamente a la ocurrencia del fenómeno que describe, se tra

ta de una predicción. Sin embargo, debemos señalar que una explicación no es totalmente adecuada a menos que su explanans, si se dan a la vez, pueda haber servido como base para predecir el fenómeno.

Es decir, del conocimiento del explanandum pasamos a la búsqueda de las leyes (explanans) a partir de las cuales este explanandum puede deducirse; en tal caso decimos que hemos explicado.

Pero de igual manera habríamos podido predecir el suceso explanandum si en el momento inicial hubiéramos partido del conocimiento de las leyes. En este caso, mediante un proceso deductivo (el mismo que encontramos en la explicación) hubiéramos llegado al suceso explanandum previamente desconocido.

Esta fuerza predictiva es lo que da importancia a la explicación científica: sólo de las áreas capaces de explicar hechos empíricos, que no sirven meramente para registrar los fenómenos de nuestra experiencia, pero sí para aprender de ellos, y basándonos en generalizaciones teóricas, podemos anticipar nuevos eventos y su control.

A muchas explicaciones que se ofrecen normalmente, sobre todo en el discurso precientífico, les falta este carácter predictivo. Según Jevons (1924, p. 533), cada explicación consiste en señalar un parecido entre hechos, en algunos de los cuales este proceso no puede requerir una referencia a las leyes, y "puede implicar no más que una única identidad, como cuando explicamos la aparición de estrellas fugaces mostrando que son idénticas a porciones de un cometa". Pero esta identidad no nos da una explicación del fenómeno, a menos que presupongamos las leyes que lo gobiernan. La observación de semejanzas tiene valor explicativo sólo si implica tácita referencia a leyes generales.

La posibilidad de que la simetría se cumpla en todos los casos de explicación ha sido cuestionada seriamente, y el mismo Hempel, desde sus primeros trabajos, analizó casos en donde aparentemente no se cumplía. Clasificó estas posibles excepciones en dos tipos. Es común a ambos que falten algunos enunciados en el explanans (fundamentalmente leyes) y que por tanto la deducción del explanandum no puede hacerse de manera rigurosa; justamente por esta carencia se les dio el nombre de bosquejos de explicación.

El primer tipo de bosquejo de explicación es completamente inocuo, puesto que se suprime la formulación de una o más leyes por considerarlas obvias; en realidad, están tácitamente supuestas en el texto de la explicación. En estos casos, tiene validez la tesis de la simetría, pues es muy sencillo reconstruir el razonamiento completo.

El segundo tipo es el que trae problemas. En este caso no aparecen en el explanans todas las leyes que permitirían una deducción correcta; y no aparecen porque en realidad se desconocen. Estrictamente hablando, no hay deducción del expalanadum a partir del explanans, y por lo tanto no puede haber predicción; sin embargo, en cierto sentido podríamos hablar de explicación. Parece implicarse la suposición de que, mientras las partes que faltan no son obvias, el explanans incompleto puede, con forma apropiada, ser suplementado para hacer una estricta derivación del posible explanandum; puede ser justificable en algunos casos, como cuando Hempel dice que un terrón de azúcar desaparece "porque" lo ponemos en té caliente, pero no es satisfactoria en muchos otros casos. De esta forma, una explicación incompleta puede ser considerada como indicativa de una correlación positiva entre las condiciones antecedentes adu-

cidas y el tipo de fenómeno a explicar, y señalando una dirección en la cual una posterior investigación puede situarse para completar dicha explicación.

En realidad, sostiene Hempel que estos bosquejos de explicación son guías que indican futuros campos de investigación, direcciones que debe seguir el estudioso en búsqueda de nuevas leyes. La mayoría de las explicaciones tal como aparecen en las ciencias humanas tienen este carácter.

Este tipo de explicación considerado se refiere frecuentemente a la causal. Si E describe un evento particular, entonces las circunstancias antecedentes descritas en las proposiciones C_1, C_2, ..., C_k, conjuntamente "causan" el evento, en el sentido de que hay ciertas regularidades empíricas expresadas por las leyes L_1, L_2, ..., L_r, las cuales implican que condiciones del tipo C_1, C_2, ..., C_k, ocurran, y tendrá lugar un evento del tipo descrito en E. Proposiciones como las L_1, L_2, ..., L_r , que defienden conexiones generales entre las características específicas de los eventos, se llaman generalmente causales, o leyes deterministicas, y que, por tanto, hay que distinguir de las llamadas leyes estadísticas.

2. Aproximaciones motivacionales y teleológicas de la explicación

La explicación en Psicología y las Ciencias Sociales tiene la misma estructura que en las ciencias físicas según unas teorías, mientras que para otras es inadecuada.

Veamos tres argumentos (Hempel, 1948):

1) Es familiar la idea de que los eventos que implican las actividades de los hombres individualmente o en gru

po tienen una peculiar unicidad e irrepetibilidad, la cual hace inaccesible a la explicación causal, precisamente porque ésta presupone repetibilidad de los fenómenos. Este argumento que, incidentalmente, ha sido utilizado en apoyo al mátodo experimental, es inaplicable en Psicología y Ciencias Humanas, y lleva a un desentendimiento del carácter lógico de la explicación causal. Cada evento individual en las ciencias físicas, y no menos en las humanas, es único en el sentido de que no se repite con todas sus peculiares características; sin embargo, los eventos individuales pueden conformar leyes generales, y de esta forma ser explicables por medio de ellas. Para todo lo que afirma una ley causal hay un evento de un tipo especial que es acompañado por otro que presenta características específicas, y todo lo que se necesita para la prueba y aplicación de tales leyes es la repetición de eventos con las características antecedentes. De esta forma, el argumento no es concluyente. Cuando hablamos de la explicación de un evento simple, el término "evento" se refiere a la ocurrencia de más o menos características complejas en una locación específica espacio-temporal o en un cierto objeto individual, y no a <u>todas</u> las de este objeto, o todas las que pasan a la región espacio-tiempo.

2) El establecimiento de generalizaciones científicas -y de principios exploratorios- para la conducta humana es imposible porque las reacciones de un individuo en una situación dada depende no sólo de la situación, sino también de la previa historia del individuo. Pero, seguramente, no hay una razón "a priori" para que las generalizaciones no sean realizables, de las cuales tenemos en cuenta esta dependencia de la conducta en la historia vivida del individuo.

3) La explicación de un fenómeno implica una conducta con referencia a motivaciones, y para un análisis más teleológico que causal. Muchas de las explicaciones que se nos ofrecen para las acciones humanas implican referencias a los fines y motivos, pero ¿son esencialmente diferentes de las explicaciones causales de la física y la química? Una diferencia está en la circunstancia de que, en la conducta motivada, el futuro se relaciona con el presente de forma que no se funda en las explicaciones causales de las ciencias físicas. Pero claramente, cuando la acción de una persona está motivada por el deseo de obtener un cierto objetivo, entonces no existe todavía el futuro evento no realizado de esperar el fin que nos determina la presente conducta, ya que éste, actualmente, no puede ser conseguible. Bastante más lo es:

- su deseo, presente antes de la acción, de obtener un objetivo particular, y

- su convicción de que se llegará a obtener el efecto deseado.

El hecho de determinar motivos y convivviones ha tenido que ser clasificado en las condiciones antecedentes de una explicación motivacional, y aquí no hay diferencia formal entre la explicación motivacional y causal.

El hecho de que los motivos no sean accesibles a la observación directa por un observador de fuera constituye una diferencia esencial entre las dos clases de explicación; por la misma razón, el determinar factores implicados en explicaciones físicas es muy frecuentemente inaccesible a la observación directa. En algunos casos, la presencia de ciertas motivaciones sólo puede saberse por métodos indirectos; pero éstos están "operacionalmente determinados" con razonable claridad y precisión, no habiendo diferencia esencial

a este respecto entre la explicación motivacional y la explicación causal en física.

Un peligro potencial de la explicación por motivos se halla en el hecho de que el método se presta a una construcción fácil de los acontecimientos ex-post-facto sin fuerza predictiva; es una tendencia general a "explicar" una acción atribuyéndole los motivos supuestos sólo después que la acción ha tenido lugar. Mientras este procedimiento no sea por sí objecionable, su bondad requiere que:

a) las suposiciones motivacionales son capaces de prueba;

b) las propias leyes generales han de ser capaces de tener un poder explicativo para los motivos supuestos.

El descuido de estos requerimientos frecuentemente despoja a las supuestas explicaciones motivacionales de su significado cognitivo.

La explicación de una acción en términos de sus motivos que producen el efecto se ha considerado a veces como un tipo especial de explicación teleológica. La explicación motivacional, si está formulada adecuadamente, se ajusta a las condiciones para la explicación causal, así que el término "teleológico" es un nombre equivocado si significa implicar un carácter no-causal de la explicación o una determinación peculiar del presente por el futuro. Si ha surgido, sin embargo, el término "teleológico", puede ser debido, en este contexto, refiriéndose a explicaciones causales en las cuales alguna de las condiciones antecedenres son motivos del agente (lo que produce los efectos) del cual las acciones serán explicadas.

3. Otras puntualizaciones acerca del concepto de explicación

Consideremos las relaciones entre descripción y explicación. Todos sabemos que un cierto positivismo ha querido reducir la explicación a la descripción; cuando este positivismo se hizo más refinado, como consecuencia de los trabajos de Hempel (1948) sobre el concepto de explicación, se ensayó reducir la explicación a la deducción a partir de premisas más generales. Algunas escuelas han reaccionado contra estas tendencias reduccionistas; Meyerson ha rechazado esta asimilación de la explicación a la descripción, y lo mismo ocurre con el materialismo dialéctico.

Apostel (1973, p. 207) se pregunta qué es una descripción: la descripción más perfecta es la copia; un modelo que es idéntico en todo a aquello de lo cual es un modelo. Una copia, en general, no logra esta perfección; una copia no se identifica a su prototipo, y, con relación a ciertas propiedades y perspectivas, si vemos en la descripción el acto de proyectar el prototipo sobre un modelo (lingüístico, gráfico, etc.), si vemos en la descripción este tipo de redoblamiento parcial o total del fenómeno descrito, debemos constatar que describir no es conocer (de la misma forma que tampoco rehacer no es conocer). El fin del conocimiento del mundo no puede ser su reduplicación, y esto se hace perfectamente evidente cuando se trata de la descripción idéntica al original; bien entendido, no negamos que las actividades de las cuales hemos tenido necesidad de reproducir del original nos permiten entrever su disposición interior, pero el producto completo de esta actividad de copia no aclara en sí el fenómeno a describir: todavía reproducir no significa conocer, y describir significa al me-

nos reproducir verbal y parcialmente (Apostel, 1973, p. 208). La identificación total está ya eliminada como forma de conocimiento; entonces, "a fortiori", hemos eliminado la descripción como conocimiento, la identificación parcial, la construcción de un modelo parcial, en general verbal, del prototipo; para Apostel (1973, p. 208), "hacer un modelo" o "dar una descripción" no son actividades funcionalmente distintas. Proyectar algo real sobre un fragmento de lenguaje o un objeto sobre otro objeto, son actividades esencialmente análogas; y hacer todavía una copia incompleta, imperfecta, concentrándose sobre ciertos aspectos, y olvidando otros, no es una forma de conocimiento mientras nosotros debamos describir la explicación como forma de conocimiento.

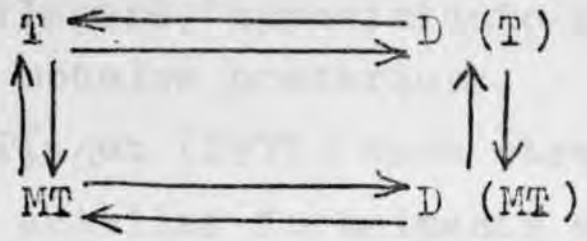
Y en el lenguaje corriente, ¿qué sería la explicación? La explicación, entonces, parecería ser la construcción de un modelo como es la descripción, pero aquí el modelo parece doble:

a) de un lado, se proyecta el prototipo sobre el conjunto de sus elementos, donde lo explica;

b) por otra parte, se describe verbalmente la proyección así llevada a cabo.

En cierto sentido, la explicación comprende cuatro operaciones (Apostel, 1973, p. 208): Proyección del prototipo T sobre su modelo analizado (parcial); proyección del prototipo sobre su modelo verbal (parcial); proyección del prototipo analizado sobre su modelo verbal (parcial); proyección de dos lenguajes unos sobre los otros.

Tal como lo representa gráficamente Apostel (1973, p. 208):



A primera vista, estos dos análisis impoerfecto de concepto de descripción y de explicación tienden a dar razón a los positivistas del siglo XIX. Describir es crear un modelo, explicar es crear un modelo. Para Apostel (1973), pues, no parece que haya una diferencia fundamental entre describir y explicar; simplemente, el modelo utilizado en una explicación parece que es más complejo que el empleado en una descripción; si contemplamos siempre las cosas desde más cerca, nos daremos cuenta de que la actividad de explicar, de representar un conjunto por otro de elementos, que son los elementos constitutivos y que están ligados entre ellos por una red de relaciones, nos lleva a otros análisis.

En efecto, llamamos explicativos a los análisis del prototipo que satisfacen a ciertas condiciones especiales; lo importante es saber cuáles son éstas, y podríamos responder de varias formas:

1) Se puede afirmar que cada período del conocimiento científico y cada área del saber tiene un prototipo que se prefiere por determinadas razones, que no nos incumbe a cada instante, y decimos que se explica cuando se representa el prototipo con ayuda del modelo del tipo preferido. Este concepto da un análisis completamente relativista del concepto de explicación, lo cual es malo, pero presenta la desventaja de no indicar el por qué un modelo se prefiere a otro, por qué razón se alteran las preferencias, y por qué

motivos se llamará "conocimiento explicativo" el proyecto sobre estos modelos preferidos.

2) Piaget (1973) hace otra proposición. Para explicar hay que asimilar formalmente el objeto a explicar a la actividad interiorizada humana. Lo que se ha explicado se hace inteligible porque las operaciones que lo constituyen, que aseguran la génesis, son isomorfas a las relaciones de la propia actividad humana. Esta proposición que reconoce la analogía entre describir y explicar, y que siempre introduce una diferencia es mucho menos relativista que la primera, y da (cosa que no ocurre con la anterior) las razones por las cuales los modelos de esta especie satisfacen nuestra necesidad de inteligibilidad.

3) Se combina la primera forma (propia de Kuhn) con la de Piaget, dando cuenta del hecho de que las operaciones humanas tienen en sí mismas una historia, y no sólo una génesis, y entonces, se ensaya averiguar por qué este conjunto de operaciones intelectuales sirve de asimilación intelectual en tal momento, y por qué otro conjunto de operaciones intelectuales sirve de tipo preferido en un instantes distinto.

Apostel (1973, p. 210) hace aquí hincapié en constatar que explicar, para Piaget, no es más que la aserción de que una parte de lo real es análoga a otra parte real. Constatar que el conjunto de transformaciones a las cuales están sometidos ciertos seres, sean vivos o no, son parcial o completamente isomorfas a un conjunto de transformaciones a las cuales están sometidos nuestros propios actos intelectuales, no es fundalmente distinto de una descripción; es todavía una correspondencia parcial, una descripción que indica una cierta analogía. O, dicho más netamente, ¿por qué sería el

mundo más inteligible porque lleguemos a ver que se nos parece?, ¿qué hay que no nos asemeje en lo que tenemos de más afectivo o de biológicamente más simple, pero sí en lo más cognitivo e intelectual?

Esta diferencia entre descripción y explicación nos lleva a una identificación. ¿Es que el positivismo primitivo, del siglo XIX, tenía razón?, ¿es qué nada se explica nunca en este sentido de que"explicar" es simplemente "describir" de una cierta forma? Apostel (1973, p. 210) cree que esta posición está completamente en desacuerdo con los hechos en la historia científica. En efecto, la historia de las ciencias establece claramente una diferencia entre la actividad descriptiva y la explicativa: Nadie ignora la aportación célebre de Osiander al tratado de Copérnico bajo la presión de ciertos medios eclesiásticos, en la cual afirmaba que este último no quería describir el sistema solar como lo hacía Ptolomeo, sin explicarlo con la ayuda de fuerzas ni afirmar la realidad del modelo que proponía; esta aportación no representaba el verdadero pensamiento de Copérnico, el cual, por razones que se pueden juzgar válidas o no, consideraba su modelo como explicativo, mientras que el de Ptolomeo no lo era para él. Por otra parte, parece claro después de los descubrimientos de Galileo, pudiendo aplicar las leyes generales de las interacciones entre el movimiento y las fuerzas, que los elementos del sistema solar se han convertido para nosotros en fenómenos explicables.

Y Apostel (1973, p. 211) se pregunta si explicar es representar el prototipo de forma que enlace a muchos otros, y si explicar significaría siempre reproducir este prototipo en un modelo que le es suficientemente extraño, con ayuda de elementos que le son muy diferentes de los aparentes.

El grado de diferencia quizás determinará el de explicación, ya que parece bien que ninguna de éstas hallada en la historia de las ciencias podría ser considerada como completa, y que no podemos hablar más que de explicación parcial. Apostel (1973, p. 211) quiere hacer la proposición de que es preciso representar, tanto lo que se llama descripción, como explicación, como sub-especies de una actividad más general que podemos denominar proyección. Como consecuencia, afirma que no es en el género de los sistemas que se representarán como "explicativos" donde reside la razón para la cual nosotros los hallamos así. Es la hora de presentar un análisis de explicación que le diferencie de la descripción, de una parte, por su génesis, y, de otra, por la estructura de las relaciones entre el prototipo y el modelo. Una descripción es una operación relativamente inmediata, que representa un sistema externo con la ayuda de un lenguaje más o menos desarrollado. Una explicación, por el contrario, es otra operación difícil en general, que construye un lenguaje nuevo, y que en todo caso redefine los términos del prototipo a explicar con el auxilio de un lenguaje eventualmente ya existente. Históricamente, se puede constatar que esta diferenciación entre las génesis de lo que se llaman descripciones, y explicaciones, es observable.

Por otra parte, pensamos que caemos en el relativismo total de Kuhn, restituyendo toda noción de progreso científico imposible, o en el absolutismo total, como el de Meyerson, que hace todo progreso intelectual imposible si decimos que explicar un fenómeno es representarlo con ayuda de un modelo que se distingue por sus propiedades específicas bien determinadas, sean variables (Kuhn), sean eternas (Meyerson). En efecto, en este momento, ligamos el futuro

al presente y nos pronunciamos de una forma perentoria sobre el "devenir" de las ciencias. Si, por el contrario, no decimos que una explicación es una descripción con el apoyo de un modelo privilegiado, sea puramente arbitrario, sea absolutamente determinado, sino que nos proponemos como tema de encuesta a realizar en la historia de las ciencias las relaciones estructurales entre el prototipo a explicar y el sistema explicativo, y si formulamos la hipótesis de que son estas relaciones las que determinan si nos hallamos ante una explicación o una descripción, evitamos a la vez el escollo del absolutismo y del relativismo. No podemos pretender, afirma Apostel (1973, p. 212), que ésta sea una teoría de la explicación, pero sí indica un nuevo camino de investigación. Nos parece falso lo que se ha hecho hasta ahora de querer definir la explicación por una cierta forma de deducción en el interior de un determinado sistema formal, o por un álgebra determinada. La explicación es una transformación en las ciencias, y es siempre parcial porque nunca es definitiva, sino que le seguirán muchas otras. Al proponer, dentro del espíritu de la epistemología genética, una teoría dinámica de la explicación, nos apartamos de la idea según la cual la explicación es una asimilación a una estructura intelectual determinada eventualmente algébrica. Por el contrario, Apostel (1973, p. 212) cree que este absolutismo está aún demasiado cerca del de Meyerson, a pesar de que se halla más estructurado.

El paso próximo, pues, sería el desarrollar una teoría de la explicación que fuera esencialmente función de las leyes de transformación de las teorías científicas (Apostel, 1973, p. 213).

Una teoría Tl es una explicación de un fenómeno P en un momento n, en función de las descripciones precedentes, de este fenómeno P, y en función de las teorías anteriores que han preparado la teoría T.

Los argumentos en favor de este análisis de la explicación nos obligan a decir que ésta y la descripción son altamente análogas; fundamentalmente, el modelo no se hace inteligible, el mundo no aparece más fácil de conocer.

Toda definición de explicación está ligada a una de conocimiento; efectivamente, representamos mejor lo que conocemos también mejor. Falta un punto de partida, el cual, incluso si es el álgebra de nuestras operaciones intelectuales, nos parece punto de partida contingente, en el cual la inteligibilidad no nos es inteligible.

Finalmente, rechazando la simplicidad del positivismo del siglo XIX, y aceptando con la escuela de Génova y con el materialismo dialéctico la necesidad de distinguir entre explicación y descripción, la diferenciación de Apostel (1973) sería más prudente, y esencialmente histórica.

4. La explicación en las Ciencias Sociales

Partimos de la base, con Granger (1973, p. 149), de que explicar científicamente un fenómeno es establecer un sistema conceptual, o modelo (1) abstracto, y mostrar

---

(1) Granger considera que la palabra modelo se emplea actualmente en dos sentidos perfectamente distintos: Para el que estudia la naturaleza o los hechos humanos, un modelo es un esquema más abstracto que aquello de lo cual es su imagen; para un lógico, por el contrario, cuyo objeto es el estudio de estructuras abstractas, el modelo de una de ellas es una encarnación relativamente concreta. La idea común a ambos usos es la de una relación de re-

/...

que este esquema se integra en otro más comprensible, ya sea como una de sus partes (modelo parcial), o como uno de sus casos particulares (sub-modelo). La explicación debe comportar necesariamente esta integración; establecer un esquema del fenómeno es sin duda mejor que describirlo, puesto que se iluminan elementos y sus relaciones mútuas; esto no es todavía explicar. La explicación (científica) sería la puesta en relación de dicho esquema con otro más amplio; esta característica formal puede servir de punto de partida a un análisis tópico que satisfaga casos específicos, sin tener que introducir prematuramente la cuestión de saber si la explicación consiste en dar "razones" o "causas" (formulación tradicional excesivamente ambigua).

Esto implica dos consecuencias: Por una parte, explicar no puede tener otro sentido que el relativo; de entrada, esta concepción descarta la idea de una explicación radical, total y definitiva de un fenómeno; permite comprender que toda explicación tiene una historia, y depende del sistema de referencia adoptado provisionalmente como estructura de dependencia de un esquema. Por otra parte, explicar no es necesariamente "reducir" un esquema a otro; es posible, sin duda, que una explicación tome la forma de una reducción pura y simple, como un fenómeno óptico, por ejemplo, figurado por un esquema de propagación geométrica, que es aplicado por un esquema ondulatorio. Pero éste no es, ni mucho menos, el único caso posible. Si el esquema de un fenómeno complejo se presenta como suceso particular de una estructura que sirve para describir fenómenos más simples, puede

---

.../ presentación entre dos sistemas, de los cuales, uno es más concreto respecto a otro más abstracto.

ser que las especificaciones introducidas para determinar el primero hagan surgir un nuevo tipo de estructura. La estructura simple englobante no juega entonces el papel de "causa" o de factor determinante positivamente, sino más bien de condición a los límites. Es en este sentido que es preciso establecer una posible relación entre una esquematización de los hechos humanos -o incluso de los biológicos- y la admitida actualmente de los hechos propiamente físicos.

¿Cuál será el significado de la explicación en las Ciencias Sociales? Granger (1973, p. 150) entiende aquí por "Ciencias Sociales" todas aquéllas que, tomando los hechos humanos por objeto, son consideradas explícitamente como producidas en los grupos, y se refieren sobre todo a los de circunstancias que dependen de esta situación. Debemos preguntarnos por las características de una explicación aceptable para los fenómenos que reagrupo; a este efecto, Granger (1973, p. 151) formula tres exigencias o criterios que constituyen una jerarquía respecto a sus restricciones, y en donde la satisfacción del primero, siendo la causa, es indispensable para la de los otros dos. Una explicación, pues, debe poder ser invalidada, poder servir a la predicción, y poder enlazarse con otras explicaciones de fenómenos relacionados o que engloban los primeros.

Sería trivial advertir que una explicación digna de este nombre debe dar lugar a una posible refutación; conviene, por ello, presentarla muy explícitamente, ya que, de lo contrario, no puede ser concebida ninguna observación de los fenómenos que obligue o, al menos, incline a rechazarla. En este caso sería, lógicamente, mucha la información transmitida por la explicación.

Tal circunstancia puede producirse de diferentes

formas, ya sea porque el enunciado explicativo se revele en el análisis como puramente tautológico, sea que los conceptos que utiliza no estén coordinados con la experiencia -no sólo prácticamente irrealizables-, sea que la determinación que proponga sea laxa y sujeta a interferencia que siempre se pueda justificar por intervenciones externas.

El poder de predicción de una explicación es un criterio más difícil de satisfacer, pero conviene precisar los límites. Podemos observar que, incluso en las ciencias de la naturaleza, las predicciones que podemos formular no son más que excepcionalmente sobre sucesos en sentido estricto. El físico, el químico, el biólogo, se conforman com prever tipos de sucesos, y esto es lo que razonablemente se puede esperar de la ciencia, aunque es cierto en estos últimos casos que la determinación de las clases de tales sucesos es a menudo tan rigurosa en la escala de nuestras observaciones que la predicción equivale prácticamente a la de los sucesos singulares.

Una explicación debe formular hipótesis limpias para que sean controladas, y suficientemente dominantes con relación al conjunto de las circunstancias empíricas; tal exigencia debe estar estrechamente asociada al requisito de posibilidad de invalidación, que constituye uno de los modos posibles de realización.

Capítulo V

SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS

SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DE LOS MODELOS.-

Se pueden hallar tantas clasificaciones de modelos como constructores de ellos hay. Intentando resumir las esenciales, observamos una casi concordancia entre tales clasificaciones: Achinstein (1968, p. 209-225), que considera que a pesar de que los modelos en las ciencias son muy variados, se pueden distinguir tres tipos esenciales; Chapanis (1961, p. 115-116) que, intentando igualmente resumir los esenciales, afirma que sólo hay dos tipos básicos de modelos, aunque reconoce que su distinción no está bien determinada y que, por consiguiente, es posible clasificarlos de otras formas; Asti Vera (1972, p. 158) distingue entre modelos científicos y no científicos; etc. Aunque en algunas clasificaciones, como la de Black, aparecen los modelos matemáticos, a éstos los vamos a considerar separadamente, así como los modelos causales.

1. Sistema clasificatorio de Achinstein (1968)

Se basa en el establecimiento de tres tipos fundamentales de modelos: representacionales, teoréticos, e imaginarios.

1) Modelos representacionales: Consisten en una representación física tri-dimensional de un objeto, tal que, al examinarla, se puedan averiguar hechos acerca del objeto que representa; por ejemplo, moléculas, sistema solar, aeroplanos, barcos, etc. Tales modelos, a pesar de utilizarse en todas las ciencias, son particularmente propios de la ingeniería, en donde se puede construir la representación

de un objeto, que se podrá estudiar más realmente.

Pueden distinguirse cuatro tipos de modelos representacionales:

a - Modelos verdaderos. Aquí todas aquellas características del prototipo (Achinstein habla del objeto representado en el modelo como "prototipo") que son de importancia para el científico se reprodycen en el modelo a una escala determinada, de tal forma que examinando el modelo, las características correspondientes del prototipo puedan ser determinadas.

b - Modelos adecuados. Sólo algunas características del prototipo de importancia para el científico son reproducidas en el modelo, no todas.

c - Modelos deformados. Todas (o algunas) de las características del prototipo de importancia para el científico están reproducidas en el modelo, aunque a diferentes escalas. Se dan cuando es difícil o imposible cambiar la escala uniformemente. En el momento en que la información acerca del prototipo se ha averiguado a partir de un modelo, deben emplearse diferentes factores de conversión para distintos aspectos del modelo.

d - Modelos analógicos. Las características del prototipo no están reproducidas en el modelo. Efectivamente, una analogía se establece entre dos objetos o sistemas distintos X e Y, e Y es considerado como una representación de X, por ser un análogo para él. Y se llama modelo de X; por ejemplo, un circuito eléctrico es tratado frecuentemente como un modelo para un sistema acústico; el ingeniero puede empezar con un problema acerca de este sistema, establecer una red eléctrica que sea el análogo de este sistema, resolver el problema eléctrico, y convertir la respuesta al

sistema original (Olson, 1943, p. 180). Esto no significa que todas las veces que se establece una analogía entre X e Y, Y es un modelo analógico de X. Al ser así clasificado, Y debe ser pensado o tratado como algo estudiado, o considerado con alguna profundidad, experimentado (si se ha construido), algo con respecto al cual se han hecho cálculos -donde esto se ha hecho antes o en lugar de estudiar o experimentar X directamente. No todas las analogías entre X e Y implican que Y se trate de esta forma. Obviamente, entonces, cuando se establece una analogía entre X e Y, la cuestión del punto de vista de Y como un modelo analógico de X será asunto de grado, dependiendo de la extensión con la cual Y se ha tratado como algo estudiado antes cuidadosamente, o en lugar de estudiar X directamente.

Son posibles algunas observaciones generales acerca de los modelos representacionales. En los cuatro casos, hablar de modelo es referirnos a un objeto distinto del prototipo del cual hay un modelo; es referirnos a algo que se intenta que represente al prototipo, y esto de tal forma que los hechos acerca de éste puedan ser determinados al examinar el modelo, hacer cálculos respecto a él, y una posible experimentación. En los cuatro casos, si el prototipo es tridimensional, así es el modelo; una representación bi-dimensional sería una pintura, un diagrama, o mapa. Un modelo de cada uno de los tres primeros tipos es algo construido actualmente; un modelo analógico no necesita ser construído, pero sí descrito (el modelo, en tal caso, es todavía el objeto o sistema tridimensional descrito, no la descripción de éste). Por ejemplo, la descripción de Maxwell de tubos conteniendo un fluído incompresible es una descripción de un modelo

analógico del campo eléctrico. Él "construyó" su modelo simplemente describiendo estos tubos, no construyéndolos. En ninguno de los cuatro casos necesitamos que el modelo represente al prototipo en todos los aspectos. Un modelo adecuado de los planetas puede ser construido al representar sólo las distancias relativas de los planetas al Sol, no los tamaños relativos de sus volúmenes. Incluso cuando un modelo representa un objeto por la reproducción de alguna de sus características, ésta puede implicar aproximaciones y simplificaciones. Sin embargo, implicará una mínima convención: un modelo representacional no es un mero símbolo o serie de símbolos; representa algo no por simbolización (en los tres primeros casos), sino por reproducir sus propiedades o (en el último caso) por ser un análogo de él.

2) Modelos teoréticos: Cuando los científicos hablan de un modelo de X no se refieren a algún objeto o sistema Y distinto de X, sino a una serie de suposiciones respecto de X. Las principales características de los modelos teoréticos son:

a - Un modelo teorético es una serie de suposiciones acerca de algún objeto o sistema. Hay tres puntos a tener en cuenta: Primero, los modelos teoréticos deben distinguirse de los diagramas, pinturas o construcciones físicas, las cuales, a pesar de que a veces se han utilizado al presentar el modelo, no se han identificado con el propio modelo. Segundo, frecuentemente pensamos que no es siempre cierto que lo que llamamos modelo algunos denominan también teoría; esta intercambiabilidad de las designaciones es posible en los casos en los que ambos términos se refieren a la misma serie de suposiciones; sin embargo, no sugieren lo mis

mo. Tercero, las suposiciones que se refieren al modelo frecuentemente se basan en ecuaciones matemáticas; de aquí el uso del término "modelo matemático" (que desarrollaremos posteriormente) en las Ciencias Sociales, donde el contraste entre tratamientos matemáticos y no-matemáticos es frecuentemente más marcado que en las ciencias físicas.

b - Un modelo teorético describe un tipo de objeto o sistema atribuyéndolo a aquello que puede ser llamado su estructura innata, composición o mecanismo, con referencia a la cual se intentan explicar varias propiedades expuestas por el objeto o sistema.

La distinción entre una serie de propiedades expuestas de un objeto y su estructura innata con respecto a la cual podemos explicar estas propiedades, no debe confundirse con la que existe entre "macro-fenómenos" y "micro-fenómenos". Muchas de las propiedades explicadas como componentes estructurales del modelo pueden ser de "macro-nivel" (como en el caso de los "modelos del mundo", en cosmología). Además, la estructura descrita siempre debe ser considerada xon referencia a aquellas propiedades que sirven para explicar, y no como algo último o incapaz de posterior explicación (así, la estructura molecular invocada en el modelo de las bolas de billar se explica por los modelos atómicos).

Finalmente, tal distinción no debe entenderse simplemente como la existente entre las propiedades y su explicación, ya que no todas las series de principios capaces de explicar propiedades expuestas por un objeto o sistema (y de aquí, que no son todas teorías) necesitan referirse a su estructura innata. Hay varias explicaciones que describen las relaciones entre las propiedades expuestas; otras relacionan propiedades del objeto con las de otros completamen-

te diferentes. Un modelo teorético, por otra parte, procederá por análisis del objeto que expone ciertas regularidades conocidas en más componentes básicos, y no precisamente expresando éstas en términos cuantitativos o relacionando las propiedades conocidas a las de distintos objetos o sistemas. Por tanto, el uso del término "teoría" es en este sentido más amplio que el de "modelo", puesto que no todas las teorías se destinan para expresar típicos análisis estructurales de modelos teóricos.

c - Un modelo teórico es tratado como una simplificación aproximada útil a ciertos efectos. Uno que formule o utilice tal modelo razonará de la siguiente forma: "Es frecuente representar X como teniendo tal y tal estructura, a causa de lo cual varios principios conocidos pueden ser derivados; además, la actual estructura de X es algo como esto, quizá más complejo, ya que sólo se han asumido relaciones simples y se han complicado varios factores omitidos (Achinstein, 1968, p. 214). El valor de un modelo dado, por lo tanto, puede ser jusgado desde dos puntos de vista diferentes: cuán bien sirve al propósito para el cual es empleado, y la completitud y cuidado de la representación que propone. Podríamos preguntarnos si el modelo de las bolas de billar es una concepción valida: Sí, y no. Posibilita un número de relaciones importantes para derivar, y por medio de ciertas fuerzas intermoleculares completamente ignoradas fracasa una representación completa o cuidadosa.

El hecho de que un modelo teórico se proponga como una forma de representar la estructura de un objeto o sistema para ciertos propósitos explica el por qué hay frecuentemente en uso modelos alternativos: pueden emplearse diferentes representaciones para distintos propósitos. De aquí

que haya otra diferencia entre el uso de los términos "modelo teorético" y "teoría". Proponer algo como un "modelo" de X es sugerirlo como una forma utilizable de representar X que provea alguna aproximación de la actual situación; además, es admitir la posibilidad de representaciones alternativas para diferentes propósitos. Por otra parte, plantear algo como una "teoría" de X es sugerir que (es plausible creer que) X está gobernado por tales y tales principios, pero no que es útil para ciertos propósitos representar X como gobernado por dichos principios, o que éstos son aproximaciones simplificadas deliberadamente de aquellos que se obtiene actualmente. De acuerdo con esto, el científico que propone algo como una teoría de X debe defender que las alternativas deben ser rechazadas, modificadas, o entendidas como valores sólo para casos especiales.

Esto ayuda a explicar por qué ciertas series de principios primero llamados teorías pueden más tarde denominarse modelos. Propuestos originariamente para reflejar la estructura actual de los items en cuestión, ahora se han reconocido como aproximaciones simplificadas, todavía útiles para ciertos propósitos. Tales concepciones pueden continuar siendo clasificadas como teorías, y, en consecuencia, reflejando el hecho histórico de que una vez fueron propuestas como teorías, y no simplemente como modelos.

d - Un modelo teorético se propone dentro de la más ancha armazón de teoría o teorías más básicas. Por esto, cuando el científico plantea un modelo teorético de X adecúa ciertos principios de teoría o teoría más generales y fundamentales con respecto a las cuales se compromete, y los aplica, a lo largo de varias nuevas suposiciones, a X,(donde "X" se refiere a algunas clases relativamente restringidas de

objetos o sistemas). Éstas, respecto a X, son simplemente principios de alguna teoría o teorías aplicadas a una clase de items, como ya hemos dicho, relativamente restringida, y lo más probable es hablar de ellos como un modelo más que de una teoría.

Hay otro sentido por el cual el modelo teorético puede ser propuesto sin el amplio armazón de una teoría: puede ser propuesto cuando la teoría se presenta. El que presenta una teoría puede postular como suposiciones centrales y distintivas varias series muy complejas de relaciones; ya en el desarrollo de una teoría, éstas pueden simplificarse deliberadamente para abreviar los cálculos.

e - Un modelo teorético está frecuentemente formulado, desarrollado, e incluso nombrado en las bases de una analogía entre el objeto o sistema descritos en el modelo y varios objetos o sistemas distintos. Esto concuerda con el punto previo de que se ha intentado que los modelos teóricos sean una útil representación de un sistema: así, se establece frecuentemente una analogía entre el sistema en cuestión y otros conocidos gobernados por leyes que se entienden, y se supone que alguna de estas leyes, u otras similares, también rigen el sistema descrito en el modelo. Razonando de esta forma, nunca es suficiente establecer los principios del modelo, sino sólo sugerir que pueden ser razonables primeras aproximaciones sujetos de prueba y subsiguiente modificación. En cada caso, sin embargo, el modelo se puede distinguir de una analogía por encima de lo que se ha podido desarrollar. Así, el modelo de las bolas de billar consta de aquellas proposiciones que afirman que los gases están compuestos de pequeñas esferas elásticas; la analogía se establece entre tales gases y las bolas de billar (perfectamente elásticas).

f - Para Miller (1951), un modelo teorético puede ser creado como un juego intelectual sin referencia alguna a fenómenos específicos en el "mundo real"; a fin de que una teoría sea útil, el científico debe tener algún sistema relativamente ambiguo de referir los términos de la teoría a los fenómenos que le interesan. Como ha dicho Hull (1943), la cadena de constructos teoréticos intervinientes debe estar firmemente anclada a ambos lados.

Hasta aquí, las características de los modelos teoréticos; independientemente de que en otro capítulo enfrentemos modelo y teoría, hay la ocasión de preguntarnos ahora por la diferencia entre ambos.

Según Achinstein (1968, p. 217), si una persona propone algo como un modelo teórico de X, por contraste con una teoría de X, puede conocerse o creerse que, hablando estrictamente, estas suposiciones son falsas, no adecuadas, o aplicables sólo a un campo muy limitado. Este modelo teórico será típicamente simplificado utilizando aproximaciones, omitiendo factores complicados, introduciendo realizaciones idealizadas. Tales suposiciones simplificadas pueden ser útiles ofreciendo ciertos cálculos y explicaciones; pero, a diferencia de que éstos constituyan una teoría de X, no se han propuesto como suposiciones que, tomadas literalmente, están gobernando X. Naturalmente, el que propone una teoría puede reconocer también que sus suposiciones están en algún modo cimplificadas, incorrectas o restringidas. En segundo lugar, una teoría, distinta de un modelo teórico, no necesita atribuir a un objeto una estructura interna, composición, o mecanismo, con respecto al cual se intenta explicar varias propiedades expuestas por este objeto; puede indicar qué cone-

xiones se logran entre estas propiedades sin postular ninguna estructura interna, o qué puede relacionar las propiedades del objeto en cuestión con otras de distintos objetos o sistemas. Y, finalmente, en tercer lugar, cuando alguien propone un modelo teorético, buena parte de su proposición sería típicamente derivada de alguna teoría o teorías más fundamentales; los principios de estas últimas se aplicarán a una serie relativamente restringida de objetos o sistemas. Algunas teorías también son así, pero muchas otras no. En bastantes ocasiones, cuando un científico propone una teoría, ninguna de sus suposiciones centrales y distintivas serán apropiadas o derivadas de teorías más fundamentales.

Los modelos teoréticos cumplen todas las funciones de las teorías: pueden utilizarse para la explicación, sistematización, interpretación, predicción, cálculos, derivación de leyes, etc, pero dan explicaciones basadas en suposiciones simplificadas y relativamente restringidas. Donde a la vez una teoría y un modelo teórico son válidos y aplicables en la misma área, se ha dicho que la explicación y la sistematización por medio de la teoría frecuentemente son "más profundas" y ofrecen una mayor comprensión, reflejando de esta forma la creencia de que los principios que constituyen la teoría son más correctos que los del modelo teórico, y admiten más cantidades conocidas; también son más generales que muchas de las suposiciones del modelo. ¿Por qué, entonces, no utilizamos siempre una teoría más correcta, completa y más general, en lugar de un modelo teorético? Primero, no puede haber tal teoría válida, como ocurre en el caso de los modelos del núcleo atómico, o pueden haber varias teorías más generales, ninguna de las cuales se considera enteramente satisfactoria. Segundo, un modelo teorético puede, en

efecto, ser de considerable importancia incluso si hay una teoría más correcta, completa y general.

Podemos ofrecer cálculos imposibles o de excesiva dificultad para la teoría. Además, para estudiar las consecuencias de suposiciones deliberadamente simplificadas que constituyen un modelo, el científico puede avanzar más en una teoría más compleja, e incluso puede impulsarla o modificarla. Finalmente, los modelos teoréticos desempeñan un importante papel didáctico.

3) Modelos imaginarios: Son similares a los modelos teoréticos en algunos aspectos, y también a uno de los tipos de modelos representacionales -a los modelos analógicos- en otros.

Según Achinstein (1968, p. 220), sus principales características son:

a - En un modelo imaginario, un objeto o sistema está descrito por una cierta serie de suposiciones. El término "modelo" puede referirse tanto al objeto descrito como a las suposiciones hechas acerca de él.

b - El proponente del modelo no se compromete a la veracidad, o incluso a la plausibilidad de las suposiciones que hace; no las entiende como aproximaciones de lo que está en caso. En algunas ocasiones, las suposiciones pueden ser enteramente imaginativas y contrarias a lo que su proponente cree defender en el mundo actual.

c - El fin del modelo imaginario es mostrar que el objeto o sistema puede ser cómo si se satisficieran ciertas condiciones inicialmente especificadas; consiste en mostrar que si estas condiciones estuvieran satisfechas, sería lógicamente posible suponer que el objeto o sistema es cómo se describe en el modelo. Se plantea la siguiente cuestión:

¿Cómo puede describirse X igual que estas condiciones que han encontrado? Las suposiciones del modelo dan una respuesta. Todavía no existe el compromiso de pretender que hay un X que actualmente satisface las suposiciones propuestas; o incluso que si hay una X que satisface estas condiciones, también cumple las suposiciones propuestas.

Un modelo imaginario puede cumplir varios fines: 1º) Mostrar que ciertas suposiciones, que por una parte pueden ser contradictorias en sí mismas o onconcebibles, sean consistentes. 2º) Mostrar que un X sujeto a las condiciones C es concebible, y puede dar una base para otra investigación acerca de que X (sujeto de estas condiciones) es actualmente igual. 3º) Puede facilitar el entendimiento de los principios que imaginamos que satisface.

4) Comparación entre los tres tipos: Los modelos imaginarios son semejantes a los modelos teoréticos y a los analógicos en algunos aspectos, pero no en otros. Un modelo teorético es, y un modelo imaginario puede ser, una serie de suposiciones. Pero en un modelo teorético éstas son tratadas como dando una plausibilidad, aproximada, y simplificada descripción de lo que X es actualmente, mientras que no hay tal compromiso en un modelo imaginario. Un modelo analógico es, y un modelo imaginario puede ser, un objeto más que una serie de suposiciones. Además, el que construye un modelo imaginario de X, como el autor de un modelo analógico de X, no se compromete a creer que X es idéntico al objeto descrito en este modelo. Sin embargo, en un modelo imaginario, se hace la suposición (para fines especiales del modelo), de que X es idéntico al sistema descrito, aunque esta suposición no se declara verdadera, o incluso plusible. En un modelo ana-

lógico nunca se hace tal identificación; a pesar de que en éste se trata como representando al prototipo, como sustituyéndolo a fines de cálculo, la suposición nunca se refiere a que los dos son idénticos.

Resumiendo, cuando el científico propone un modelo teorético de X, quiere aproximarse a lo que es X haciendo suposiciones acerca de él. En un modelo analógico de X quiere construir o describir varios items distintos Y que guarden ciertas analogías con X. En un modelo imaginario de X pretende considerar que X podría ser cómo si se satisficieran las condiciones que especifica.

2. Sistema clasificatorio de Chapanis (1961)

Como ya se ha indicado anteriormente, Chapanis considera que los modelos deben pertenecer a dos tipos básicos: modelos réplica y modelos simbólicos, aún cuando tal clasificación no sea rígica y deje campo abierto a otras que obedezcan a criterios distintos.

1) Modelos réplica: Lo esencial es que se parecen a la cosa modelada en algún aspecto, y Chapanis aplica aquí el término "parecer" en un sentido laxo para dar idea de una representación gráfica. Así, un globo es un modelo réplica del mundo, porque, en algunos aspectos, se parece al globo terráqueo; un modelo de un submarino atómico es también un modelo réplica, porque se parece al objeto real. Los modelos réplica son materiales; en una palabra, tamgibles. Muy frecuentemente, un modelo réplica está hecho con un cambio a escala espacial o temporal; como ejemplos, un modelo réplica del mundo es más pequeño que el propio mundo, mientras que uno de la estructura atómica del uranio es más grande.

2) Modelos simbólicos: Son intangibles en el senti-

do de que hacen uso de ideas, conceptos, y símbolos abstractos para representar los objetos que están modelando. No se parecen al objeto real, y se utilizan líneas, gráficos, indicaciones, etc., para simbolizar, por analogía, la información que tenemos. Según Chapanis, los modelos matemáticos forman una subclase de los modelos simbólicos, aunque nosotros los vamos a estudiar separadamente.

Los modelos pueden, naturalmente, ser mixtos, es decir, formados por la combinación de los rasgos de los modelos réplica y simbólicos. Por ejemplo, como modelo del mundo, un globo es un modelo réplica en el sentido de que es estático y las masas de tierra y agua están correctamente escalizadas en la superficie del mar; pero, a su vez, un globo contiene símbolos, como el color del código utilizado para representar las profundidades de los océanos y la altura de las cordilleras.

3. Sistema clasificatorio de Asti Vera (1972)

Más que un sistema clasificatorio -nomenclatura adoptada con el fin de homogeneidad-, Asti Vera (1972, p. 158) simplemente distingue entre modelos científicos y no científicos.

Un modelo no científico es una miniatura -más o menos relacionada escalarmente- de un objeto real o imaginado, como por ejemplo serían las relresentaciones tridimensionales de barcos; el uso vulgar del término, según Asti Vera, encierra dos significaciones más: el modelo como arquetipo digno de ser imitado, y el modelo como copia de la realidad.

Tampoco es unívoco el sentido del modelo científico, ya que existen varios conceptos de modelo, cuya singnifica-

ción depende de la finalidad con que son utilizados. Desde esta perspectiva técnica, un modelo puede servir para demostrar la consistencia de una teoría, y una teoría científica, a su vez, lo será si tiene un modelo.

4. Sistema clasificatorio de Rosenblueth y Wiener (1945)

Diferencian entre modelos materiales y formales o intelectuales.

Un modelo material es la representación de un sistema complejo por otro más simple, y que tiene algunas propiedades similares a aquéllas elegidas para estudiar el sistema complejo original.

Un modelo formal es una reviindicación en términos lógicos de una situación idealizada relativamente simple que participa en las propiedades estructurales del sistema formal original.

Los modelos materiales se utilizan (Rosenblueth y Wiener, 1945, p. 317) en los casos sicuientes:

a) Pueden ayudar al científico reemplazando un fenómeno en un campo no familiar por otro que lo sea; de esta forma, se pueden obtener ventajas didácticas importantes (pensemos en el desarrollo de la ingeniería).

b) Un modelo material puede llevar los experimentos a una realización bajo condiciones más favorables que las del sistema original. Esta traslación presume que hay motivos favorables para suponer una similaridad entre las dos situaciones, y esto implica la posesión de um modelo formal adecuado, con una estructura similar a aquélla de los dos sistemas materiales. El modelo formal no necesita estar completamente comprehendido, y el material entonces sirve de

suplemento a uno de formal.

En ocasiones, la relación entre el modelo material y el sistema original no es más que un cambio de escala, en el espacio o en el tiempo, como por ejemplo la utilización de pequeños animales para experimentos biológicos, en cuanto a escala espacial, y el empleo de la drosófila en el estudio de genética y problemas de población, por su rápida razón de multiplicación, en cuanto a escala temporal.

Otro ejemplo de transformación que nos facilita el procedimiento experimental es la utilización de modelos de plástico transparente con adecuadas propiedades elásticas para el estudio de las deformaciones en estructuras de acero, en donde la transparencia sonsigue el uso de luz polarizada para hacer directamente observable la deformación interna.

Mientras los modelos materiales pueden así rendir importantes servisios, puede enfatizarse que no todos ellos se utilizan. Es como si se discutiera el criterio de que a y d no son condiciones suficientes, pero sí necesarias, para un modelo material. Si el modelo formal que sugiere un material tal es de poca consistencia y trivial, el último sería irrelevante y estéril, y así, una tozca analogía no es científicamente válida. De nuevo afirmamos que, si un modelo material no sugiere experimentos cuyos resultados no han podido ser anticipados fácilmente en las bases del modelo formal exclusivamente, es que el modelo material es supérfluo. Finalmente, si un modelo tiene una estructura más elaborada y es menos dócil para un experimento que el sistema original, entonces no representa un progreso.

Aquí, Rosenblueth y Wiener (1945, p. 318-319), y con respecto a una mayor aclaración y comentario de la clasificación, introducen los conceptos de "caja cerrada" y "caja

abierta". Existen ciertos problemas en la ciencia en los cuales un número finito fijado de variables input determina otro número igualmente fijado y finito de variables output. El problema está determinado cuando las relaciones entre estas series finitas de variables son conocidas. Es posible obtener el mismo output para el mismo input con diferentes estructuras físicas; si varias estructuras alternativas de esta clase hubieran incluído en las cajas sólo una aproximación a través de los terminales input y output, sería posible distinguir entre ellas sin apelar nuevos inputs, u outputs, o ambos.

Es obvio, sin embargo, que la diferéncia entre los problemas de caja abierta y caja cerrada, aunque significativa, es más de grado que de clase. Todos los problemas científicos empiezan como problemas de caja cerrada, donde sólo se reconocen poco número de variables significativas. El progreso científico consiste en una progresiva apertura de estas cajas; la sucesiva adición de terminales o variables lleva a unos modelos teóricos gradualmente más elaborados: por tanto, hay una jerarquía en ellos, del relativamente simple, muy abstracto, al más complejo, de estructuras teóricas más concretas.

El pasar lejos de un modelo simple a una caja cerrada implica que un número de variables están sólo acopladas con libertad con el resto de lo que pertenece al sistema. El éxito de los experimentos iniciales depende de la validez de esta suposición. Así como los modelos sucesivos se vuelven progresivamente más sofistificados, el número de regiones cerradas puede actualmente, y así lo hace, incrementarse, porque el proceso puede ser comparado con la subdivisión de una original caja única en varios compartimientos ce

rrados y pequeños; muchos de ellos pueden haberse quedado cerrados deliberadamente, porque se han considerado sólo funcional, pero no estructuralmente importantes.

Como un estado intermedio en el curso de una investigación científica, el modelo formal puede haber sido un conjunto heterogéneo de elementos, algunos tratados en detalle, ya sea específica o estructuralmente, y otros sólo con respecto a su rendimiento global, esto es, genérica o funcionalmente. Un ejemplo de la progresiva concretización de un modelo teórico por la sucesiva introducción de variables adicionales podría ser el desarrollo histórico de la teoría del sonido.

Esta discusión ha sido tratada principalmente en la elaboración de modelos teóricos para explicar hechos observados; en otras palabras, con la investigación científica para modelos abstractos poseyendo una estructura equivalente a aquélla de una experiencia dada. La ciencia también trata con procesos inversos, personificando una estructura abstracta en una entidad concreta de estructura similar, normalmente un aparato o máquina con un propósito definido. La aproximación tradicional a tales diseños es empírica y accidental, pero el acercamiento científico es posible, y se ha mostrado su validez. En este método, el aparato es diseñado primero desde el punto de vista de caja cerrada, que debería ser obtenido, cuando fuera posible, por un proceso de minimización teórica, que frecuentemente es estadístico. Los requisitos son de una anturaleza de caja abierta, pero los elementos utilizados en la construcción pueden ser tratados con una base de caja cerrada. Otras consideraciones, no necesariamente relevantes al problema, determinarán la elección.

Rosenblueth y Wiener (1945) han mostrado que el conocimiento científico consiste en una secuencia de modelos abstractos, preferente y ocasionalmente formales por naturaleza. Examinemos los resultados de llevar al límite el modelo construido, considerando primero los modelos materiales. Se forman por toscas aproximaciones, que sustituyen a los hechos reales estudiados. El modelo se aproxima asintóticamente a la complejidad de la situación original, y tenderá a ser idéntico que este sistema (original), como un límite de sí mismo; es decir, en un ejemplo específico, el mejor modelo material de un gato es otro, o preferiblemente el mismo gato. En otras palabras, el modelo material debería realizar su propósito de tal forma que la situación original pudiera ser entendida en su totalidad, y el modelo fuera innecesario.

La situación es la misma con los modelos teóricos. El modelo formal ideal sería aquél que abarcara el universo entero, con el que estaría de acuerdo en su complejidad, y tendría una correspondencia biunívoca con él. Cuando alguien fuera capaz de elaborar y comprender tal modelo en su totalidad, no hallaríamos necesario el modelo, porque entonces podríamos comprender directamente el universo como un todo; sería la tercera categoría del conocimiento descrita por Espinozza.

El modelo teórico real probablemente no puede lograrse. Los modelos parciales, imperfectos, sólo son medios desarrollados por la ciencia para entender el universo. Esto no implica una actitud de derrotismo, pero sí el reconocimiento de que el principal instrumento de la ciencia es la mente humana, y de que ésta es finita.

5. Sistema clasificatorio de Black (1962)

Distribuye todos los posibles modelos en cuatro categorías: modelos a escala, modelos analógicos, modelos matemáticos, y modelos teoréticos, aunque hemos de hecer la particular observación de que Black (1962, p. 219-243) considera necesario, más que clasificar a los modelos, distinguir entre un número de operaciones propias de ellos, que van de la más trivial a la de mayor importancia, y que denomina "uso de los modelos". Aquí, sin embargo, a pesar de la distinta denomimación, consideramos que estos diferentes usos de los modelos corresponden a una tipología diferencial de ellos, y por consiguiente, los describiremos como "modelos distintos".

1)- Modelos a escala. Esta designación abarca todas las semejanzas de objetos materiales, sistemas o procesos, sean reales o imaginarios, que guardan relativas proporciones. Las características que los definen son:

a - Un modelo a escala es siempre un modelo de algo. La noción o concepto de uno de ellos es relacional y de tipo aritmético. Si A es un modelo a escala de B, B no es un modelo a escala de A.

b - Un modelo a escala tiene como misión servir a un fin, es decir, ser un medio para alcanzar una meta.

c - Un modelo a escala es una representación de una "cosa" real o imaginaria para la cual se creó el modelo: se utiliza para la "lectura" de propiedades del original de las directamente presentadas por el modelo.

d - Algunos rasgos del modelo son irrelevantes o no importantes, mientras que otros son pertinentes y esenciales a la representación en cuestión. No hay modelos perfectamente fieles, sino sólo en algún aspecto puede el modelo repre-

sentar su original.

e - Como todas las representaciones, hay convenciones subyacentes de interpretación, es decir, formas correctas para la "lectura" del modelo.

£ - Las convenciones de interpretación permanecen por encima de la identidad parcial de las propiedades conectadas con invariancia de la proporcionalidad. Construyendo un modelo a escala ensayamos, por una parte, realizar un parecido del original por reproducción de algunos rasgos, y, por otra parte, guardar las proporciones relativas entre magnitudes relevantes. En la terminología de Peirce (Hartshorne & Weiss, 1964, vol. II, p. 247), el modelo es una <u>imagen</u> que incorpora literalmente los rasgos de interés en el original; como dice textualmente: "Esto es como el original es".

Al elaborar modelos a escala nuestro propósito es re producir, en una personificación accesible o relativamente manipulable, rasgos seleccionados del "original".

2) <u>Modelos analógicos</u>. Implican un cambio de medio, y consisten en algún objeto material, sistema o proceso destinado a reproducir lo más fielmente posible en un nuevo medio la estructura de una trama o de relaciones en el original. Podemos aplicar aquí muchos casos vistos en los modelos a escala. El modelo analógico, como este último, es una representación simbólica de un original real o simbólico, sujeto a reglas de interpretación para cuidar de las inferencias de los rasgos relevantes del modelo.

La diferencia crucial entre ambos tipos de modelos reside en los métodos correspondientes de interpretación. Los modelos a escala, como hemos visto, destacan marcadamente por su identidad: su fin es imitar el original, excepto en los casos donde la necesidad manipulativa impone una des

viación de la reproducción más correcta, y cuando esto ocurre, la desviación se reduce al mínimo. Por ejemplo, las magnitudes geométricas en el original están reproducidas, aunque con un cambio de razón constante. Por otra parte, la construcción de modelos analógicos está guiada por el fin más abstracto de reproducir la estructura del original.

Un modelo analógico adecuado manifestará una correspondencia punto-por-punto entre las relaciones que encarna y las que se encarnan en el original: cada incidencia de una relación en éste debe repercutir en otra correspondiente en el modelo analógico sobre una relación correlacionada. O, dicho de otra forma, deben haber reglas para trasladar la terminología aplicable al modelo de forma que se conserve la certeza.

De esta forma, el principio primordial del modelo analógico es lo que los matemáticos llaman "isomorfismo" (Carnap, 1958, p. 75). Podemos, si lo deseamos, contemplar el modelo analógico como imagen de su original, como en el caso del modelo a escala, pero si así lo hacemos, debemos recordar que este último es "icónico" en un sentido más abstracto. El modelo analógico participa con su original no en una serie de rasgos o en una idéntica proporcionalidad de magnitud, sino, más abstractamente, en la misma estructura o patrón de relaciones. Nuestra identidad de estructura es compatible con la más amplia variedad de contenido, y de aquí que las posibilidades para la construcción de modelos snslógicos son inacabables.

El hecho señalado de que el mismo patrón de relaciones, la misma estructura, puede estar personificado en una gran variedad de medios diferentes puede ser también un gran peligro, a la vez que ventaja. El riesgo de falsas inferen-

cias de irrelevancias inevitables y distorsiones en el modelo ahora se nos presenta agravado, ya que cualquier uso científico de un modelo analógico pide confirmación independiente. Los modelos analógicos nos dan hipótesis plausibles, pero no pruebas.

3) Modelos matemáticos. Esta expresión se ha hecho muy popular entre los científicos sociales, y hemos anotado anteriormente que, aunque Black (1962) y otros autores lo incluyan en sus clasificaciones de modelos, nosotros lo estudiaremos específicamente en un capítulo aparte (VIII).

Según Black (1962, p. 223), cuando utilizamos sin empatía "modelo", es en muchas ocasiones un sustituto de "teoría" o "tratamiento matemático". Generalmente, sin embargo, hay que tener en cuenta: 1º) El campo original está "proyectado" sobre un dominio abstracto de series, funciones, etc., y decimos que las fuerzas sociales están "modeladas" por relaciones entre entidades matemáticas; 2º) el "modelo" está concebido para ser mássimple y más abstracto que el original; 3º) frecuentemente existe la creencia de que los modelos son una clase de modelo analógico etéreo, como si las ecuaciones matemáticas se refirieran a un mecanismo invisible que ilustrara o incluso explicará parcialmente la operación del sistema social original que está bajo investigación.

Los métodos implicados en la utilización de modelos matemáticos (siempre según Black), son los siguientes:

a - En algún campo original de investigación, un grupo de variables son identificadas, ya sea por sentido común, o por razón de consideraciones teóricas más sofistificadas.

b - Las hipótesis empíricas están adaptadas a las relaciones imputadas entre variables seleccionadas.

c - Las simplificaciones, a menudo drásticas, se introducen para facilitar la formulación matemática y la manipulación de las variables.

d - Se hace un esfuerzo por resolver las ecuaciones matemáticas resultantes, o estudiar los rasgos globales de los sistemas matemáticos construidos.

e - Se lleva a cabo un esfuerzo para extrapolar consecuencias comprobables en el campo original.

f - Eliminando algunas de las restricciones iniciales impuestas a los componentes de las funciones en interés de la simplicidad, podemos llegar a algún incremento en la generalidad de la teoría.

Las ventajas de estos procedimientos se deben a la introducción de análisis matemáticos en cualquier dominio de la investigación empírica, entre la precisión de relaciones formuladas, facilidad de inferencia por medio de cálculos matemáticos, y el poder intuitivo de las estructuras relevadas.

Pero también existen peligros. Las graves simplificaciones que exige el éxito de los análisis matemáticos implican un serio riesgo de confundir la exactitud de las matemáticas con la potencia de la verificación empírica en el campo original. Es igualmente importante recordar que el tratamiento matemático no proporciona explicaciones; las matemáticas no nos dan más que las consecuencias de las suposiciones empíricas originales. Si las funciones y ecuaciones presentan una forma familiar, puede existir un trasfondo de investigación matemática pura aplicable a nuestro ca-

so; así, decimos que las matemáticas puras nos dan la forma de una explicación, al mostrarnos qué tipo de función se adapta a los datos conocidos. Pero las explicaciones causales deben ser exploradas por doquier. En su incapacidad para sugrrir explicaciones, los modelos matemáticos difieren marcadamente de los teoréticos (Kemeny, 1948).

4) Modelos teoréticos. Consisten en un nuevo lenguaje o dialecto sugerido por una teoría familiar, pero extendido a un nuevo dominio de aplicación; este nuevo idioma es siempre una descripción de algún objeto o sistema definido (el propio modelo); si existe algún cambio en la forma de expresión y representación, hay también una supuesta descripción de un objeto específico o sistema que invita a una posterior investigación.

Los modelos teoréticos no necesitan ser construidos; basta que sean descritos, aunque la libertad de describir tiene sus propios riesgos. El inventor de un modelo teorético no se detiene en las propiedades accidentales e irrelevantes del objeto modelo, el cual debe tener sólo las propiedades que se le asignan; pero está privado de los controles impuestos por el intento de la actual construcción. Todas las demandas elementales para su propia consistencia pueden ser violadas de formas sutiles a menos que las pruebas independientes sean válidas, y cuánto se signifique por la realidad del modelo se vuelve misterioso.

A pesar de que el modelo teorético es descrito pero no construido, precisa que se cumplan una serie de condiciones para ser utilizado:

a - Tenemos un campo original de investigación en el cual se han establecido determinados hechos y regularidades de alguna forma, fluctuando entre items desconectados y cru

das generalizaciones para precisar leyes, organizadas posiblemente por una teoría relativamente bien organizada.

b - Se siente necesidad de explicar hechos dados y regularidades, o de entender los términos básicos aplicados al dominio original, o de extender el cuerpo inicial de conocimientos y conjeturas, o de conexionar cuerpos de conocimiento que no encajan.

c - Describir algunas entidades (objetos, materiales, mecanismos, sistemas, estructuras) que corresponden a un dominio relativamente no problemático, más familiar, o bien organizado. Las propiedades de estas entidades están descritas en detalle de forma que sean aprovechables.

d - Existencia de reglas de correlación explícitas o implícitas que son válidas para trasladar proposiciones de un campo secundario a las correspondientes del original.

e - Inferencias de las suposiciones hechas en el campo secundario son trasladadas por medio de reglas de correlación, y entonces comprobadas de nuevo independientemente sobre datos conocidos o predichos en el dominio primario.

Las relaciones entre el "modelo descrito" y el dominio original son parecidas a las que existen entre el modelo analógico y su original. Aquí, igualmente, la clave del entendimiento es la identidad de la estructura que en los casos favorables permite afirmaciones acerca del dominio secundario para conformarse al campo original de interés.

La confianza en los modelos teoréticos puede parecer que se basa en un procedimiento artificial. A pesar de que la historia de la ciencia ha mostrado frecuentemente que el camino recto para el éxito es "dar vueltas alrededor de", podemos preguntarnos por el desvío necesario a la hora de uti-

lizar los modelos: el salto del dominio de interés primario a otro diferente, ¿es realmente necesario?; ¿debemos ir al encuentro de metáforas entendidas a medias?; ¿estamos esperando riesgos de mistificación y confusión conceptual inevitables?; ¿no recurrimos a modelos que tienen mucho de fábula filosófica y alegoría literaria para poderlos aceptar para una fuente racional de verdad?

Esta severa crítica del método tendrá que reconocer que acudimos a tales modelos, y podemos afirmar sin miedo su utilidad pragmática (Gardner, 1958).

Se ha dicho que el modelo tiene que ser más familiar que el sistema al cual se apliaca; esto es cierto, si la familiaridad se refiere a una teoría bien establecida y explorada, pero el modelo no necesita partir de la experiencia común. Un modelo prometedor es aquél en el cual las implicaciones sugieren nuevas hipótesis y especulaciones en el campo primario de investigación; el "alcance intuitivo" del modelo significa un fácil control de tales implicaciones, una capacidad para pasar libremente de un aspecto del modelo a otro, y tiene muy poco que ver con el hecho de si tal modelo puede ser visto o imaginado libremente.

El momento más propicio para la utilización de modelos teoréticos es aquél en que las condiciones que favorecen su éxito se satisfacen, aquél en que es fácil inventar modelos "mejor conocidos" que el original al que tenemos que aclarar, y aquél en que es difícil concebir cómo la investigación en cuestión puede romperse sin el recurso del modelo.

Capítulo VI

EL MODELO COMO INSTRUMENTO METODOLÓGICO EN EL PROGRESO DE LA INVESTIGACIÓN

EL MODELO COMO INSTRUMENTO METODOLÓGICO EN EL PROGRESO DE LA INVESTIGACIÓN.-

La intención y el resultado de una investigación científica es obtener un conocimiento y un control de alguna fracción del universo del saber. Esta afirmación implica una actitud dualística por parte del científico; realmente, procede y debe proceder de esta base. Pero tal dualismo es operacional, y no implica necesariamente que sea estrictamente metafísico (Rosenblueth y Wiener, 1945, p. 316).

Una parte no sustancial de dicho universo es tan simple que puede ser comprendida y controlada sin abstracción. La abstracción consiste en reemplazar la parte del universo a consideración por un modelo de estructura similar pero más simple. Los modelos formales o intelectuales, por una parte, o materiales, por otra, son una necesidad primordial del procedimiento científico.

Frecuentemente, un investigador no está suficientemente informado acerca de este procedimiento metodológico, y no podemos olvidar que las importantes contribuciones científicas, especialmente las de carácter experimental, sólo pueden llevarse a cabo si se realizan buenos experimentos que a su vez sean buenas abstracciones.

Un experimento es una pregunta que nos hacemos sobre algo. Raramente obtendremos una respuesta si tal pregunta no es precisa; en realidad, las respuestas disparatadas, que dan resultados experimentales inconsistentes,

discrepantes o irrelevantes, son normalmente indicativas de una pregunta desatinada.

No todas las cuestiones científicas pretenden experimentarse. Hay una jerarquía de cuestiones cuyos niveles están determinados por la generalidad de las respuestas: un experimentador puede formular y responder a lo que constituye la pregunta de forma precisa, y tendrá sólo una vaga e intuitiva apreciación de sus implicaciones "más altas", más generales y abstractas.

Como una regla de "alto nivel" (Rosenblueth y Wiener, 1945, p. 316), muchas cuestiones abstractas y generales no son generalmente capaces de una prueba experimental. Tienen que estar descompuestas en términos específicos, los cuales son directamente trasladables al procedimiento experimental. De esta dorma hay dos operaciones cualitativamente diferentes implicadas en el proceso de formular la prueba de una proposición general, o en el proceso opuesto de construir una teoría de los datos experimentales. Una de estas operaciones consiste en llevar la escala de abstracción hacia arriba o hacia abajo; la otra requiere la traslación de la abstracción al experimento, o viceversa. El cuen experimentador tiene una habilidad no corriente en este segundo procedimiento, ya que es capaz de intercambiar símbolos y eventos libremente; el teórico, por otra parte, trata con el primer tipo de operaciones, que se hallan a varios niveles en el campo de abstracción.

Puede parecer que el método más expeditivo de acercamiento científico a un problema sería a partir de la formulación de una o varias preguntas posibles más generales, y entonces subdividirlas en proposiciones menos abstrac-

tas, hasta que las abstracciones de primer orden, probables directamente, fueran buscadas. Este método es plicable sólo excepcionalmente, porque las cuestiones muy abstractas sólo se pueden formular después que los datos han sido recogidos, y se han entendido sus inmediatas implicaciones. Los problemas se hallan en ocasiones en la dirección opuesta, de los hechos a lo abstracto. Un instinto intuitivo para lo que resulte de una importante cuestión general da una base para elegir algunos de los más significativos de entre el número indefinido de experimentos triviales que se pueden llevar a cabo en este estadio. Las generalizaciones totalmente vagas y tácitas influencian la selección de los datos al principio, y éstos llevan a generalizaciones más precisas, las cuales sugerirán posteriores experimentos, y se progresará por sucesivos pasos de los datos a las abstracciones y viceversa.

El uso de los modelos en la investigación presentará características distintas según el plano científico de que se trate. Por consiguiente, no debe sorprendernos el que un modelo pueda ayudar al progreso de un sistema científico de varias formas, que en esencia se pueden reducir a dos: complementando a dicha ciencia, o reestructurándola.

1) Si la ciencia ha de completarse, entonces el modelo utilizado para impulsarla debe tener propiedades no mencionadas en la ciencia existente inicialmente; el estudio de tales propiedades puede ayudar a su completitud. Para ello, deben existir modelos no-isomórficos, y éste es un caso muy frecuente en las ciencias formales. Este tipo de progreso a través de la construcción de un modelo tiene las dos limitaciones siguientes:

a - Si no es posible una transformación, sino solamente la adición de nuevos detalles.

b - Si es intrínsecamente limitado (cuando la descripción final del modelo se completa, finaliza el proceso).

2) Los investigadores que desean utilizar la construcción del modelo para remodelar (reconstruir) su disciplina, o para garantizar una evolución indefinida, deben utilizar otro concepto de modelo.

Si de momento nos restringimos a la tarea más modesta que esperamos lograr cuando buscamos completar y no reestructurar, nos podríamos preguntar por qué deberíamos construir modelos para lograr este fin, por qué no consideramossimplemente las posibles hipótesis que podemos añadir a nuestra teoría, de acuerdo con las ya aceptadas, y por qué utilizamos este procedimiento indirecto teniendo a nuestra disposición otro más directo. Según Apostel (1961, p. 5), si comparamos, para un lenguaje dado L, la serie de posibles lenguajes complejos L_1 ... L_n obtenidos a través de la adición de hipótesis suplementarias a la serie de modelos de L, entonces esta serie debería tener en algún sentido una estructura que hiciera una selección entre los modelos más fácilmente que entre los formalismos.

En principio, utilizando el concepto clásico de modelo, la serie de las extensiones completas de L y la serie de sus modelos debe ser isomórfica. Pero, si se da el caso, podemos prescindir de éstos, y entonces, ¿cuál sería el concepto de modelo que pueda hacer indispensable su uso para el fin del simple logro de una teoría ya establecida? (Apostel, 1961, p. 5). Tendrían que haber muy pocos mode-

los tales que las posibles adiciones de hipótesis, o las relaciones entre los modelos fueran más simples que las existentes entre las relaciones consistentes. En el primer caso hay una demanda más estricta en el concepto de modelo que en las ciencias formales, y en el segundo, las distinciones entre los modelos deberían ser más claras, teniendo así que prevenir los casos intermedios dados por las definiciones clásicas de modelo y que aparecen entre la lista de ellos.

Sabido esto, nos preguntamos cómo la construcción de un modelo puede avanzar la reestructuración de una teoría. Si el primero no es realmente un modelo completo en el sentido clásico, y sólo satisface las leyes mejor confirmadas o más utilizadas de la teoría, entonces dicho modelo, no satisficiendo otros fines centrales de ésta, podría ayudarnos en reemplazarlas por otras que fueran satisfechas por el modelo. Este tipo de correspondencia y discrepancia parciales entre modelo y teoría puede eventualmente llevarnos a un desarrollo continuo indefinido.

Pero, sigue considerando Apostel (1961, p. 6), ésta no es la única forma en que los modelos caminan hacia la reestructuración:

a) Vamos a suponer que utilizamos una serie de modelos parciales, y cada uno de ellos representa una parte de la teoría que ha de ser modelada, pero ninguno la satisface como a un todo, y además, entre ellos, unos son inconsistentes con los otros. La investigación en las extensiones de estos modelos parciales que incluyen un número máximo de otros modelos parciales podría llevar igualmente a la reformulación de la teoría inicial.

b) O utilizamos varios modelos completos simultá-

neamente, o una combinación de modelos completos y parciales. Un esquema arbitrario de la selección exacta de la entidad que representa un concepto nos llevará a buscar nuevos requerimientos que ayuden a una selección no arbitraria.

c) Un caso límite de esta situación es la utilización de un modelo inconsistente localmente; por ejemplo, en la teoría atómica clásica de Rutherford.

d) Utilización de modelos indefinidos o vagos, en donde su imprecisión sugiere y lleva a completarlos en unas direcciones dadas.

Estas posibilidades mencionadas forman un todo sistemático: modelos utilizados para la reestructuración de sistemas a causa de sus relaciones con "el" sistema (discrepancia parcial), a causa de sus relaciones con otros (inconsistencia parcial, al menos multiplicidad), a causa de sus relaciones con ellos mismos (inconsistencia o vaguedad local). Por consiguiente, los modelos utilizados para completar deberán satisfacer requerimientos más rígidos que los clásicos en las ciencias formales, mientras que los empleados para la reestructuración del sistema deberían satisfacer simultáneamente requerimientos más rígidos (nosotros investigamos cómo las condiciones que se desvían a través de la construcción del modelo siguen siendo válidas en este último caso) y más suaves (modelos con partes inadecuadas, vagas, inconsistencia múltiple y local).

Intuitivamente, vemos que existe un puente entre lo formal y lo funcional, y el problema existiría en si podemos construir una teoría formal con modelos aproximados, parciales, múltiples, e inconsistentes localmente.

1. Modelos y la iniciación de la investigación.

Supongamos que tenemos una serie de datos acerca de un tema, muy irregulares y complejos, o muy incompletos, y deseamos construir una teoría. Podemos ensayar abordar los datos entre ellos inmediatamente. Pero si tenemos alguna razón para suponer que son muy incompletos, o que se trata de funciones complejas de variables independientes reales, puede ser fructífera la estrategia consistente en seleccionar una ley específica sobre dicho tema, ensayar de construir un mecanismo, un modelo que satisfaga esta ley muy específica, y entonces, en vista de este modelo, localizar la forma o estructura de nuestros datos, es decir, la forma en la cual existen éstos (complejos y suplementarios).

Para que este método sea fructífero, la ley básica que representamos en el modelo debe ser (Apostel, 1961, p. 7-8) que existan muy pocos que la satisfagan en un orden dado, o, si son muchos, que en todos estos casos el modelo de los datos derivables permita su propio análisis dentro de entidades de la estructura más simple y regular. Comparando con la situación de modelo clásico, aquí tenemos una estructura que debe satisfacer un requerimiento de correspondencia con una teoría T, de carácter muy elemental, pero que además debe satisfacer un requerimiento de correspondencia con un modelo parcial de la teoría elemental: es decir, los datos, y este segundo requerimiento es tal que trazando el mapa de D dentro de M daría una imagen M(D), teniendo una estructura más regular que D. La relación triangular entre T, M y D, es decir, L (D, T), siendo en sí aproximadamente cierta, es aquí una característica esencial de la situación.

Hemos visto que para las necesidades de la investigación debería considerarse la composición de modelos; ahora observamos, de forma simétrica, que otras necesidades sugieren el estudio de modelos de complejos de teorías, ordenados de cierta forma.

2. Modelos y experiencia

Ya Carnap (1946, p. 203-204) hizo una distinción entre una interpretación lógica y descriptiva de un cálculo. Sin decir que una ciencia empírica es o puede ser un cálculo en el sentido de Carnap, debemos tener en cuenta las consideraciones introducidas para realizar esta distinción. Si damos reglas de designación para todos los signos de un cálculo, o si las damos de verdad para todas las sentencias de éste, es que presentamos una interpretación de dicho cálculo. Carnap hace hincapié en que para la aplicación es necesario construir un puente entre "la serie de postulados y el campo de los objetos" (p. 204), y que esto se ha llevado a cabo "construyendo modelos o dando interpretaciones" (frases que utiliza sinónimamente). Una interpretación es verdadera si una sentencia implica otra en el cálculo: si la primera es verdadera, la segunda lo es igualmente, y si una sentencia es refutable en el cálculo, es falsa en el modelo. De aquí que una interpretación verdadera es una lógicamente verdadera si las sentencias que se hacen verdaderas son lógicamente verdaderas. Una interpretación es descriptiva si al menos uno de los signos no definidos del cálculo se convierte en la interpretación de un signo descriptivo, y mientras Carnap (1946, p. 58-60) da claros ejemplos de éstos (nombres de cosas únicas, de pro

piedades observables), reclaca que no se conoce una solución general en semántica para el problema de distinguir entre signos lógicos y descriptivos. Estas distinciones son importantes para nosotros, porque es claro que el concepto de modelo en las ciencias empíricas, cuando se usa en el siguiente contexto -"el mundo es un modelo de nuestras ciancias, en la medida en que estas ciencias son verdaderas" (o inversamente, el fin de la ciencia es construir un cálculo para el cual la realidad es el único modelo)- se toma en el sentido de una interpretación verdadera factual y descriptiva.

Aquí nos hallamos ante uno de los principales problemas de la reciente investigación lógica: la definición de la verdad lógica y la de signo descriptivo; pero existen todavía problemas no tratados por Carnap en 1946 que son especialmente relevantes: se ha reconocido que la mayoría de los cálculos tienen muchos más modelos que los que intentaron tener (es un caso la existencia de modelos no-estandard).

Cuando ahora hablamos de "modelo" en las ciencias empíricas, significa si queremos que la realidad sea un modelo de nuestra ciencia, para hablar acerca de un modelo propuesto; el único escritor que hasta ahora ha ensayado introducir una distinción general entre constantes lógicas y descriptivas, y formalizar algunas de las propiedades que distinguen los modelos propuestos de los no-propuestos es Kemeny (1956). En el sentido que discutimos aquí, un modelo en las ciencias empíricas es una interpretación descriptiva propuesta factualmente verdadera (o, en algunos otros contextos, una interpretación arbitraria no propuesta, utilizada para clarificar tal interpretación descriptiva pro

puesta factualmente verdadera).

Si ahora introducimos con Kemeny, como la definición para la verdad lógica, validez en todas las interpretaciones, y la propiedad de ser una constante descriptiva como no siendo asignado él mismo valor en todas las interpretaciones, y si además aceptamos, otra vez con Kemeny, que todos los modelos son interpretaciones que tienen el mismo tipo de individuos como uno propuesto, pero otras asignaciones para constantes no-lógicas, entonces, si vamos a estudiar modelos para las ciencias empíricas, debemos estudiar series de estructuras que tienen los mismos individuos, variando para todas las constantes no definidas sus asignaciones en los modelos (excepto para las constantes lógicas clásicas), y no difiriendo al menos una de ellas de otro modo que a través de esta variación.

Está claro que podríamos muy bien considerar otras definiciones para la verdad lógica, o para constantes descriptivas (por ejemplo, no completamente definibles o aplicables sin definiciones ostensivas) pero nuestro deseo aquí es que, una vez se han provisto las definiciones generales para estos términos, se da una estructura formal al concepto de modelo en su función de relación de la teoría y la experiencia.

Sin embargo, hagamos hincapié en otro aspecto acerca de la semántica de las ciencias empíricas (Apostel, 1961, p. 10): en las ciencias formales, construir un modelo significa representar un cálculo por encima de un fragmento de una teoría resuelta. Una fórmula F es verdadera si existe una serie que muestra entre sus miembros ciertas relaciones. Con el fin de aplicar este método a las sentencias to

madas de las ciencias empíricas, deberíamos igualmente seleccionar alguna ciencia básica en el lenguaje de la cual podrían ser formuladas las condiciones verdaderas para las sentencias de dichas ciencias. Pero: a) la ciencia no empírica puede cumplir esta función en el presente, y b) es dudoso si la teoría resuelta puede cumplir de nuevo su vieja función en este contexto. Ciertamente, existe la tendencia a re-introducir unas teorías resueltas para la semántica de las ciencias empíricas y tener cumplidas estas meras necesidades. Podemos decir que un sistema satisface una ley dada L en ciertas variables si la serie de números que representan medidas de estas variables presentan una relación derivable de una serie de condiciones iniciales I de la ley L'.

Lo que ocurre en esta definición es que consideramos M como un modelo de T, si existe una estructura N, manteniéndose en una cierta relación com M, y si N es homomórfico con los elementos de una clase K de modelos de T, con respecto a predicados dados. La estructura N es la serie de resultados de medida, en M; la clase K de modelos de T lo es en el sentido clásico de la teoría, compartiendo ciertas condiciones iniciales, y los predicados son los que corresponden a las variables medidas. Esto constituye ya una considerable desviación del uso clásico del concepto-modelo, considerado definible con respecto a él, pero el punto de partida esencial es que aquí, el modelo, en el límite, se convierte en una estructura para la cual las proporciones del formulismo están verificadas (son verdaderas). La semántica, que en el campo de los lenguajes formales es la base de la teoría de la confirmación en sí misma, aquí permanece en la ~~esta~~ misma.

De esta manera, debíamos de confesar que aceptamos esta consecuencia, y así definir primero "teoría de la medida" y "confirmación", y sólo más tarde los términos "modelo" y "verdad" para las ciencias empíricas, o, en cambio, seleccionar para las ciencias citadas un lenguaje básico que pueda ser utilizado aquí de la misma forma en la cual la teoría resuelta se utiliza para las ciencias formales. La búsqueda de dicho lenguaje básico no debe ser arbitraria, porque la teoría resuelta tiene un lugar muy específico entre las ciencias formales, el cual debe ser definido, y una vez esto se cumple, podemos observar para tal disciplina que tiene un lugar análogo entre las disciplinas empíricas.

Pongamos punto final: Vemos, pues, la necesidad de estudiar las relaciones entre el modelo y una compleja estructura de teorías. Si el modelo debe ser un intermediario entre la teoría y la experiencia, o teoría y realidad (observamos que en ambas direcciones tenemos diferentes relaciones de modelación), entonces este carácter intermediario crea otro problema. Decimos que un modelo es un intermediario entre dos formalismos si hay un modelo de ambos, y si las propiedades en el modelo que se refieren a T1 son, en M, referidas a las otras propiedades que se describen en T2. El número y clase de estas relaciones podría incluso utilizarse para desarrollar la noción de "grado de 'intermediacy'"; incluso si queremos evitar problemas de interpretación descriptiva, podemos estudiar las propiedades de los modelos de tal combinación de tal combinación de teorías.

En conclusión, pues, los problemas de interpretación descriptiva, base empírica del lenguaje, definición de interpretación a través de la medida y confirmación, y el

de la 'intermediacy' nos muestran que igualmente están relacionados la estructura y el objetivo (con referencia a conceptos formales, pero no idénticos a ellos).

3. Modelos y experimentación.

No podemos permitirnos el lujo de perder un aeroplano cada vez que deseamos ver si es capaz de resistir bajo ciertas velocidades. Por consiguiente, construimos modelos de aeroplanos, que probamos en modelos de velocidades o presiones; si el modelo es adecuado debemos ser capaces de derivar de este modelo experimentos con la información deseada. Esencialmente, hemos cambiado la escala, y ensayado dejar algo invariante. La dificultad surge en que, con ello, siempre cambia algo más. El problema está en cómo corregir los cambios introducidos a lo largo del cambio de escala, o cómo hallar unas series de variables que están quizá afectadas en sus relaciones por uno de estos cambios, pero no con referencia a la relación que nos interesa.

Dos triángulos semejantes tienen sus lados en la misma proporción, incluso aunque sus magnitudes absolutas puedan ser muy diferentes. Podemos generalizar este concepto de analogía o proporcionalidad, tan importante en las matemáticas griegas, y decir que si un sistema físico está completamente determinado por n dimensiones, como los triángulos lo están por sus lados, un sistema es un modelo para otro sistema si las relaciones entre estas dimensiones permanecen las mismas, incluso aunque sus valores hayan cambiado. Como afirma Apostel (1961, p. 12), no podemos esperar hallar similitud absoluta entre sistemas físicos, pero sí una desemejanza corregible, o semejanza aproximada. Con el fin de generalizar (sin estar sujetos por el factor esca-

la), y en orden a construir modelos, debemos tener al menos una variable entre las que determinan el sistema que puede ser variada arbitrariamente, o al menos en un ancho rango, sin modificar, a sin hacerlo demasiado, las relaciones entre las otras variables determinantes del sistema. Apostel (1961, p. 12-14) intenta mostrar las propiedades que pueden derivarse de ello: sea x una función de dos variables: y, z; tenemos tres variables que son cuantitativas. ¿Cuándo el valor de x será independiente de las variaciones en los valores y,z? Si x es una función creciente de y, y una función decreciente de z, y si el incremento producido por uno de y es exactamente igual al causado por uno de z (x e y están inversamente relacionadas), entonces permanecerá invariante.

Esta definición para una función de dos variables puede extenderse naturalmente a n (variables), y su natura leza es cuantitstiva (si nuestras variables son relaciones, podemos construir el mismo ejemplo). En general, Apostel (1961, p. 12) da la siguiente definición: "En nuestro actual sentido de modelo, M es un modelo de T si ambos son estructuras relacionales, y si las relaciones de ambos son funciones invariantes de aquéllas en las que no toman parte. El único concepto nuevo utilizado aquí es el de "función invariante" (el cual es fácilmente definible en semántica general).

Ahora que hemos hallado este concepto especial y estructural, ciertamente mucho más exigente que el caso clásico, recordemos que no necesitamos experimentar acerca de un sistema si lo conocemos totalmente. Conociendo un sistema completamente, no sabemos, sin embargo, la forma de todas las leyes que obedecen "a fortiori". Apostel

(1961, p. 12 y ss) utiliza el concepto de modelo en una aproximación en dos estadios:

a) Si se da una serie de ecuaciones que son invariantes bajo ciertas transformaciones, entonces dos sistemas son modelos para cada uno si uno de ellos satisface el sistema de ecuaciones, y si el segundo se ha producido aplicando al primero algunas transformaciones bajo las cuales el sistema de ecuaciones permenece invariante.

Nada implica que el sistema de ecuaciones es de esta forma completo.

b) Una aproximación hacia la otra dirección sería si conociéramos "a priori" cuáles son las variables, en donde dicho conocimiento determinaría completamente el sistema, incluso aunque no supiéramos cómo se da esta determinación, y cuál es la forma exacta de las ecuaciones.

Dada la forma en la cual estas variables dependen de las fundamentales de nuestra ciencia, diremos que M es un modelo de T si ambos tienen las mismas dimensiones (aquí las variables definidas deben depender para todos sus valores de las no definidas en una forma similar).

La primera aproximación a la semejanza física nos fuerza a preguntar qué tipo de transformaciones deberían considerarse, y cómo deberíamos medir la aproximación a la "completitud"; la segunda nos obliga a preguntar: ¿Cómo puede, sin conocer la función que relaciona x e y, decir que x depende de y, e inferir, de las afirmaciones acerca la dependencia o independencia exclusivamente, la forma de tal dependencia? El análisis dimensional ha examinado estos problemas y otros similares para muchos casos especiales (Campbell, 1957), pero la esencia de nuestra tarea aquí es mostrar que las mismas preguntas deberían formular

se para las relaciones en general, como parte del estudio específico de modelo que se utiliza en la acción experimental. Nuestras primeras observaciones acerca la invariancia general de las funciones muestra que la independencia puede ser definida de forma estructural. El problema formal es el siguiente: si tenemos una secuencia de variables y relaciones entre ellas, ¿qué circunstancias hacen posible o imposible el modelar experimentos? Si tenemos x, y, z como variables, y si se consideran las relaciones F1(xy), F2(xz), F3(yx), F4(yz), F5(zx), F6(zy) y F7(xyz), y si además existen interacciones de orden más alto F8(x, F1(yz)), entonces ¿qué tipo de modelación de experimentos será posible si sucesivamente algunas (cada una) de estas interacciones mencionadas entre relaciones y variables son eliminadas (la dependencia f(xy) = g(y) es el prototipo de un obstáculo en contra de la modelación), o se han introducido algunas condiciones específicas? En vista de esta pregunta, y siguiendo a Apostel (1961, p. 13-14), podemos definir el modelo afirmando que si dos sistemas, de acuerdo con las pruebas de dependencia-independencia, están determinados por las mismas variables fundamentales, las cuales, a su vez, de acuerdo con un análisis dimensional dado, están determinadas por una serie de ecuaciones, donde se da una cierta clase de interacciones, entonces aquellos dos sistemas son modelos uno para el otro.

La doble relatividad de la dependencia de pruebas que no son descripciones completas, los análisis dimensionales que no son únicos, y la característica sintáctica acerca de la existencia de leyes de ciertas formas, hacen este concepto de modelo extremadamente específico, y a la

vez, severo y más indulgente, que es el que conocemos de la semántica clásica.

4. Modelos y explicación

Los modelos se dan como explicaciones de los sistemas de los que son modelos. ¿Por qué se precisan los modelos a este fin, y cómo podrían explicar? Además de lo dicho en el Capítulo IV, afirmamos que quizá no hay una refutación más clara de la tesis por la cual explicar es inferir que el hecho de la explicación ocurre frecuentemente o casi siempre a través de la construcción de modelos.

Como hemos visto anteriormente, la definición de explicación es uno de los problemas no resueltos de la Filosofía de la Ciencia; de esta forma, es muy difícil determinar las propiedades estructurales que un modelo debería poseer con el fin de ser capaz de explicar. Apostel (1961, p. 14) propone su hipótesis considerando que, si contemplamos la Historia de la Ciencia, vemos que, al menos en física, los dos mayores modelos explicativos han sido dominantes: el modelo atómico y el modelo de campo, el discontinuo y el continuo, el pluralístico y el monístico, a pesar del hecho de que ni los átomos ni los campos son entidades simples o familiares. En la teoría de los gases, de la luz, en cosmogonía, en la teoría del electromagnetismo, y en física nuclear hasta el momento, estos dos modelos explicativos han sido siempre influyentes; si señalamos este hecho formalmente, la física parece ensayar reducir todas las leyes a la luz de la mecánica newtoniana, o a las del electromagnetismo de Maxwell, y, si es posible, a ambas. ¿Podemos extrapolar hacia el futuro, o hacia otras ciencias? Intentamos de varias formas extender esta tendencia: si la expli

cación es la derivación de los hechos observados (presentando siempre una mezcla de atomismo de primer plano y continuidad de último término) desde las premisas a un máximo de distancia de estos hechos observados, entonces afirmar que éstos se hallan en los dos extremos. Si la explicación es análisis, podremos ensayar de probar que los dos polos extremos del análisis son la reducción de toda pluralidad hacia la unidad de campo de cuyos hechos ha de ser responsable para el universo observado, o la reducción de todo orden y unidad hacia el pluralismo de la partícula en cuyo desorden se ha construido nuestro orden. Si explicar es hacer antropomórficamente comprensible, el mundo de lo discontinuo lo es de lo instrumental, y el del campo lo es del entorno. Sólo podemos ofrecer, según Apostel (1961, p. 15), estas sugestiones como conjeturas; la única excusa es que ninguna parece mejor.

5. Simplificación y construcción de modelos

Es bastante paradójico que cuando se realiza una pintura, un gráfico, un diagrama, se llame un modelo para un sistema físico; es por la misma razón que una serie formal de postulados se llama un modelo para un sistema físico. Esta razón puede venir indicada en una palabra: simplificación. Se precisa tener un punto de vista de las características esenciales de un campo, y por esto, dicho campo está representado por una serie de ecuaciones, o por una pintura, o por un diagrama. El juicio precisa ver al sistema en oposición y distinción respecto a los demás; por consiguiente, la separación de éste frente a otros se

lleva a cabo de forma más completa que en la realidad. El sistema es visto desde una cierta escala; el excesivamente microscópico o el demasiado global no nos interesa; el sistema es conocido o controlado dentro de ciertos límites de aproximación; por ello, los efectos que no buscan este nivel de aproximación son desdeñados; se estudia con un cierto propósito "in mente", y todo lo que no va encaminado a este fin es eliminado. Las varias características del sistema necesitan ser conocidas como aspectos de un todo idéntico: por ende, su unidad es exagerada; cuando el aislamiento, claridad, unidad, reserva, esencialidad y homogeneidad de perspectiva y punto de vista son buscados, se forma un modelo adecuado expresado en ecuaciones o en un gráfico.

Además, tanto en el modelo verbal como en el gráfico, representamos las partes del sistema y sus conexiones, o estados del sistema y sus conexiones, o, simultáneamente, partes y estados y sus conexiones. El fin de simplificación y globalización se logrará más cuidadosamente, sin embargo, a través de la concentración en uno de los dos principales sub-fines de Apostel (1961, p. 16).

Debe quedar claro que el modelo no debe ser más rico que el sistema del que es modelo, sino más pobre. El modelo en el servicio del progreso de la ciencia debe ser más complejo. Es en el sentido de que el significado ético de la palabra modelo encuentra un significado epistemológico; para ciertos problemas éticos (no para todos) el hombre ideal es el modelo de hombre, en este sentido de la palabra modelo (una exageración de idiosincrasia, una clasificación de estructura interna). Pensamos que es fácil re-

conocer que los rasgos de eliminación de ciertos predicados, de ciertas partes, cierre de partes y estados, regularización de toda la estructura, son demandas estructurales que pueden ser definidas para sistemas relacionales en una semántica muy general. La importancia del aislamiento del concepto de este tipo de modelo subyace en el hecho de cortar la oposición de imagen y palabra, y explica el por qué (como frecuentemente en economía) un sistema de ecuaciones es llamado un modelo, donde unas pocas páginas antes o después, un gráfico tiene el mismo atributo.

Apostel (1961, p. 16) cierra su repaso se correspondencias estructurales de su caracterización funcional de los modelos en las ciencias empíricas considerando que un análisis de los diferentes fines de construcción de modelos muestran que muchas estructuras definidas necesitan lograrlos, y además, y esto es primordialmente importante,

1) que las estructuras parten del concepto clásico de modelo de muchas formas diferentes, pero

2) que pueden ser estudiadas y ordenadas, utilizando este mismo concepto clásico de modelo como un centro de perspectiva (Apostel, 1961, p. 16).